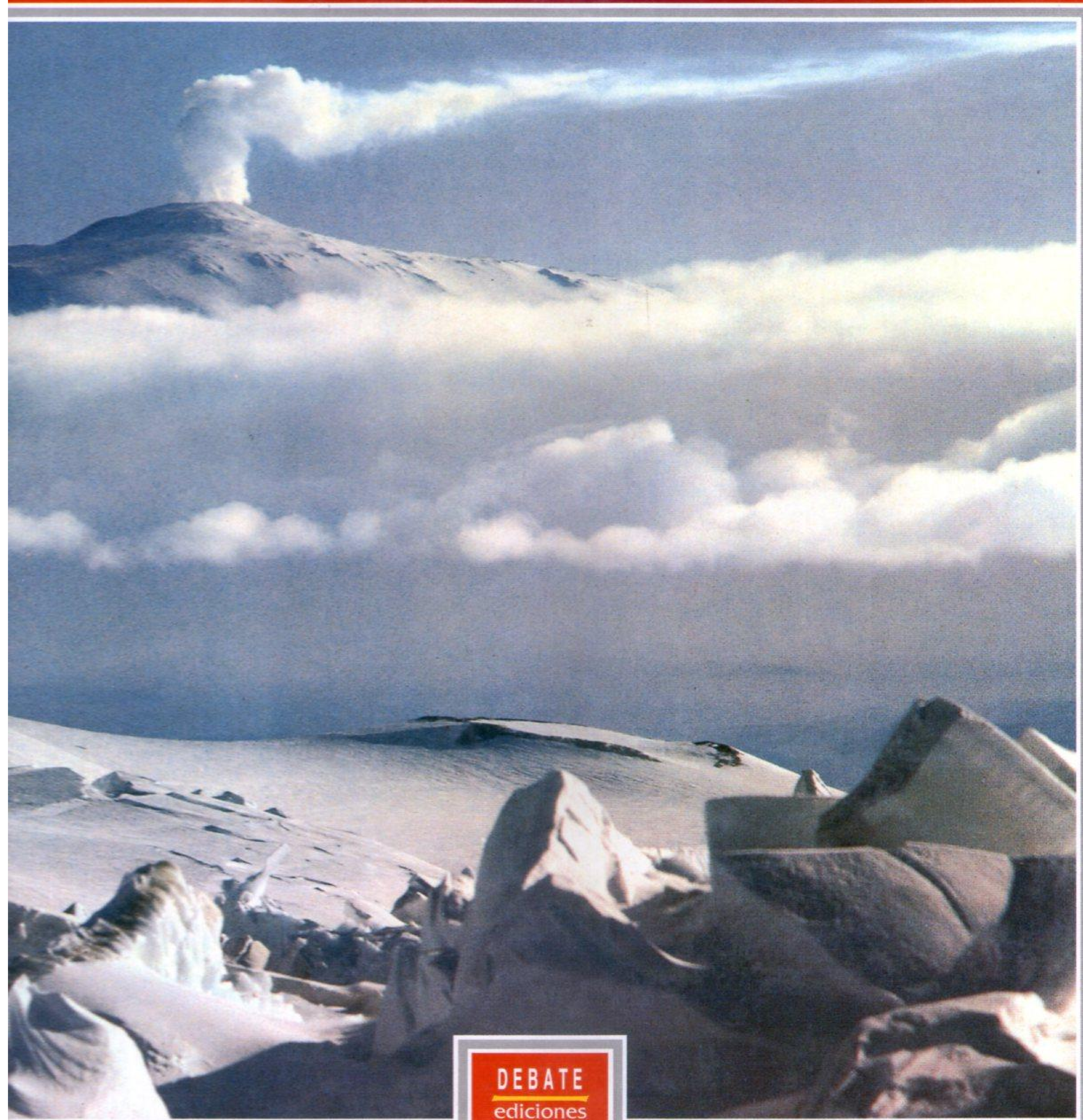
ATLAS de lo EXTRAORDINARIO

Fenómenos naturales

VOLUMEN II



DEBATE

ediciones del Prado

ATLAS DE LO EXTRAORDINARIO

FENÓMENOS NATURALES

Volumen II

DEBATE
ediciones del Prado

Dirección editorial de la serie:
Juan María Martínez
Ángel Lucía

Coordinación editorial de la serie:
Juan Ramón Azaola
Carlos Ponce

Dirección técnica de la serie:
Eduardo Peñalba

Edición: Luis G. Martín, Íñigo Castro, Lourdes Lucía,
Colin A. Ronan
Fotografía y documentación gráfica: José María Sáenz
Almeida, Marta Carranza, Juan García y Nano Cañas
Diseño: John Bigg, Jonathan Bigg y Zilda Tandy
Producción: Barry Baker, Janice Storr y Rosanna Scott
Colaboraciones: Iain Nicholson, Andy Lawrence y
Antonio García-Olivares
Versión castellana: Gian Castelli

Título original: *The Natural History of the Universe*

ISBN: 84-7838-246-1 Volumen I
Impreso en el mes de abril de 1994
Depósito legal: M -11.164-1993

IMPRESION
GRÁFICAS ALMUDENA

Foto de cubierta: Tierra agrietada y nebulosa, fotografía
de Patrick Eden, the Image Bank

Sumario

Volumen II

Leyendas y tradiciones del clima

La predicción del tiempo está plagada de dificultades porque gran parte del funcionamiento de la atmósfera continúa sumido en el misterio. Aunque los actuales partes meteorológicos se basan en una red global de instrumentos de observación sumamente avanzados y utilizan modelos informáticos de la atmósfera increíblemente complicados, su precisión dista mucho de ser perfecta. Estos fallos de predicción, sobre todo a nivel local, hacen que muchas personas tiendan a fiarse más de las fórmulas tradicionales que de las predicciones científicas.

Dicha tradición se compone de señales, refranes y versos que indican los posibles cambios del tiempo. Forman parte de la sabiduría popular de todas las culturas, y se han transmitido por tradición oral a través de los siglos. Algunos no son más que pareados sin mucho sentido, que no parecen muy de fiar:

Si en noviembre ves volar los patos,
en invierno pasarás malos ratos.

Si la araña teje su tela al mediodía,
mañana tendrás buen día.

Otros se basan en la atenta observación del comportamiento de animales y plantas en relación con los cambios climáticos.

El aspecto del cielo suele considerarse como un indicador del tiempo que cabe esperar. Recuérdese el popular dicho «El cerco de sol moja al pastor, el cerco de luna al pastor enjuga», y otros similares, como

arco iris mañanero, para el pastor mal agüero;
arco iris por la tarde, al pastor ha de alegrarle.

Ambos están fielmente basados en la observación, ya que el arco iris se forma cuando hay gotas de lluvia en el lado opuesto al sol: al atardecer, el arco iris se ve al este; por la mañana, al oeste. En el hemisferio norte, las lluvias más fuertes suelen traerlas los vientos del oeste, por lo que un arco iris matinal indica que se avecina mal tiempo, mientras que visto por la tarde es señal de que la lluvia se aleja.

Los días de lluvia es corriente oír a alguien que dice «Cuando se vea en el cielo azul suficiente para hacer un capote de marino, es que va a escampar».

También en este caso la observación indica que, después de un prolongado período de lluvia, la aparición de retazos de cielo azul entre las nubes es un indicio fiable

El arco iris, evasivo y lleno de belleza, siempre parece alejarse cuando nos acercamos a él. No es de extrañar que los antiguos griegos vieran en él a Iris, mensajera de los dioses, ni que los vikingos lo consideraran como el puente que lleva a la ciudad celestial de Asgard.

Desde muy antiguo se viene creyendo —con fundamento— que un cielo rojo al anochecer anuncia buen tiempo para el día siguiente. Ahora sabemos que el resplandor rojo se debe a la difracción de los rayos de Sol en el polvo de la atmósfera, señal segura de tiempo seco. Los pueblos antiguos aprendieron a reconocer muchas pautas meteorológicas por simple observación.







de que éstas se van atenuando y el tiempo va a mejorar.

Algunos animales parecen especialmente sensibles a los cambios meteorológicos. Se dice que cuando las golondrinas vuelan alto presagian buen tiempo, y en algunas partes de Europa se utiliza a las ranas como sustitutos populares del barómetro. Para ello, se mete una rana en un frasco de cristal lleno de agua hasta la mitad, junto con una pequeña escalera. Según la tradición, si se avecina lluvia la rana permanece en el agua, croando sin parar. Si el tiempo va a mejorar, la rana se sube a la escalera; cuanto más alto suba, mejor tiempo va a hacer.

Se ha observado que muchas plantas cierran sus pétalos cuando aumenta la humedad del aire, anunciando lluvia. Por esta razón, algunas flores como el andagallo, *Anagalis arvensis*, están consideradas como «el barómetro de los pobres».

Es sorprendente el número de personas que parecen sensibles a la proximidad de una tormenta, y que aseguran ser capaces de predecir el tiempo porque «lo sienten en los huesos».

Cuando se aproxima una tormenta, la presión atmosférica desciende y el aire se carga de humedad, lo cual provoca dolores en huesos y articulaciones, picores en el cráneo e irritación en las fosas nasales. En otros tiempos, los indios zuñi, habiendo observado que la humedad del aire pone lacio el cabello, encontraron un buen indicador meteorológico: las cabelleras arrancadas como trofeos («Si se ven como mojadas, es que mañana lloverá»).

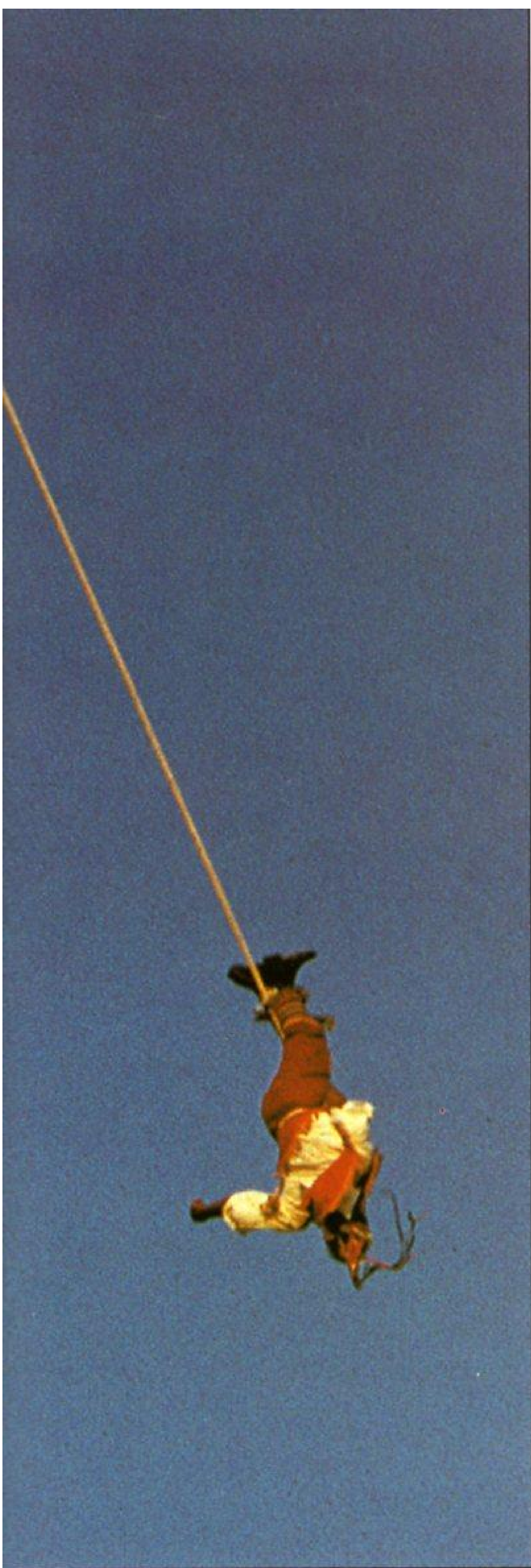
La mayor proporción de aciertos se produce en las predicciones hechas con pocas horas de anticipación. Cuanto más tiempo abarquen, mayor es la probabilidad de equivocarse. Muy a menudo, las predicciones se basan en deducciones erróneas. Por ejemplo, es corriente creer que antes de un invierno muy crudo, la naturaleza se prepara produciendo abundancia de alimentos para los animales.

Tanto la tradición popular como los partes meteorológicos modernos prestan especial atención a la predicción de condiciones meteorológicas extremas. Pero aun mejor que poder anticipar estas situaciones extremas sería poder eliminarlas. Si se lograra controlar la furia de las tormentas y acabar con la sequía provocando lluvias, se salvarían incontables vidas y se evitarían terribles devastaciones.

Durante siglos, los intentos de controlar la meteorología se limitaron —sin éxito— a ritos mágicos, sacrificios, doblar de campanas, disparos de cañón y lanzamiento de cohetes.

En 1946 se dio un paso importante, cuando los científicos norteamericanos descubrieron que se podía provocar lluvia rociando las nubes desde un avión con ciertos productos químicos, como ioduro de plata o hielo seco (dióxido de carbono congelado). En medio del entusiasmo que provocó el descubrimiento, muchas personas creyeron que por fin se podrían evitar las desastrosas sequías, y que la misma técnica permitiría reducir la furia de los huracanes, granizadas y tormentas eléctricas. El premio Nobel Irving Langmuir (1881-1957) dio a entender, con bastante optimismo, que existía «una razonable probabilidad de que en el plazo de uno o dos años podamos evitar la mayor parte de los daños causados por los huracanes».

Pero los científicos habían subestimado la complejidad de la atmósfera. Muchos experimentos no lograron los resultados espera-



Los danzarines totonecas de la lluvia giran colgados de un poste de 30 m, con el fin de propiciar a los dioses correspondientes. Esta ceremonia tradicional demuestra lo entremezcladas que están en México las viejas creencias y las nuevas, ya que tiene lugar el mismo día que la iglesia católica —a la que pertenece la mayoría de los mexicanos— celebra la fiesta del Corpus Christi.

dos, y algunos produjeron resultados desastrosos, lo cual demuestra lo poco que sabemos sobre el funcionamiento de nuestros sistemas climáticos.

Para complicar las cosas, se descubrió que un cambio climático producido en una parte del mundo podía afectar a la meteorología de lugares muy distantes, poniendo de manifiesto lo peligroso que resulta interferir con el clima.

En la actualidad, los científicos consideran que antes de intentar alterarlos, conviene que procuremos conocer mejor los misteriosos procesos que determinan la meteorología.



En la Gran Exposición de Londres de 1851 se presentó un ingenioso sistema de predicción de tormentas, ideado por el doctor Merryweather, de Whitby, Yorkshire. Cuando se avecinaba una tormenta, las sanguijuelas de las botellas entraban en actividad, y hacían sonar un timbre. El doctor trató de convencer al Gobierno de que instalara una red de aparatos como éste por toda la costa, pero el plan fue rechazado.

Mediciones atmosféricas

Las mediciones precisas son lo que diferencia la ciencia de la meteorología de la mera interpretación del saber popular. Los primeros instrumentos empleados para realizar mediciones en la atmósfera fueron termómetros y barómetros de mercurio, y anemómetros que medían la velocidad del viento. Más adelante, se elevaron instrumentos en globos para recoger datos en las capas superiores de la atmósfera. En la actualidad, la Tierra está rodeada de satélites que envían un chorro constante de información obtenida mediante cámaras, radiosondas e instrumentos electrónicos.

Las cámaras y sensores instalados en satélites geoestacionarios a unos 36.000 km por encima del ecuador envían a la Tierra imágenes y datos de la atmósfera, que los meteorólogos utilizan para elaborar un esquema probable del tiempo.



El Niño: corrientes en lucha

Todos los años, en diciembre, una suave corriente de agua cálida recorre el Pacífico sur, desplazándose hacia la costa de Ecuador y el norte de Perú, por encima de la corriente de Humboldt, más fría y profunda, que fluye hacia el norte.

Los pescadores llamaban «El Niño» a esta corriente porque siempre llega aproximadamente por Navidad.

Cada tres o cuatro años, por razones desconocidas, se produce un calentamiento más intenso y extendido en toda la zona ecuatorial central y el Pacífico oriental. Este calentamiento, que suele durar de catorce a dieciocho meses, tiene unos efectos tan acusados en el clima mundial que en la actualidad se reserva el nombre de «El Niño» para este fenómeno.

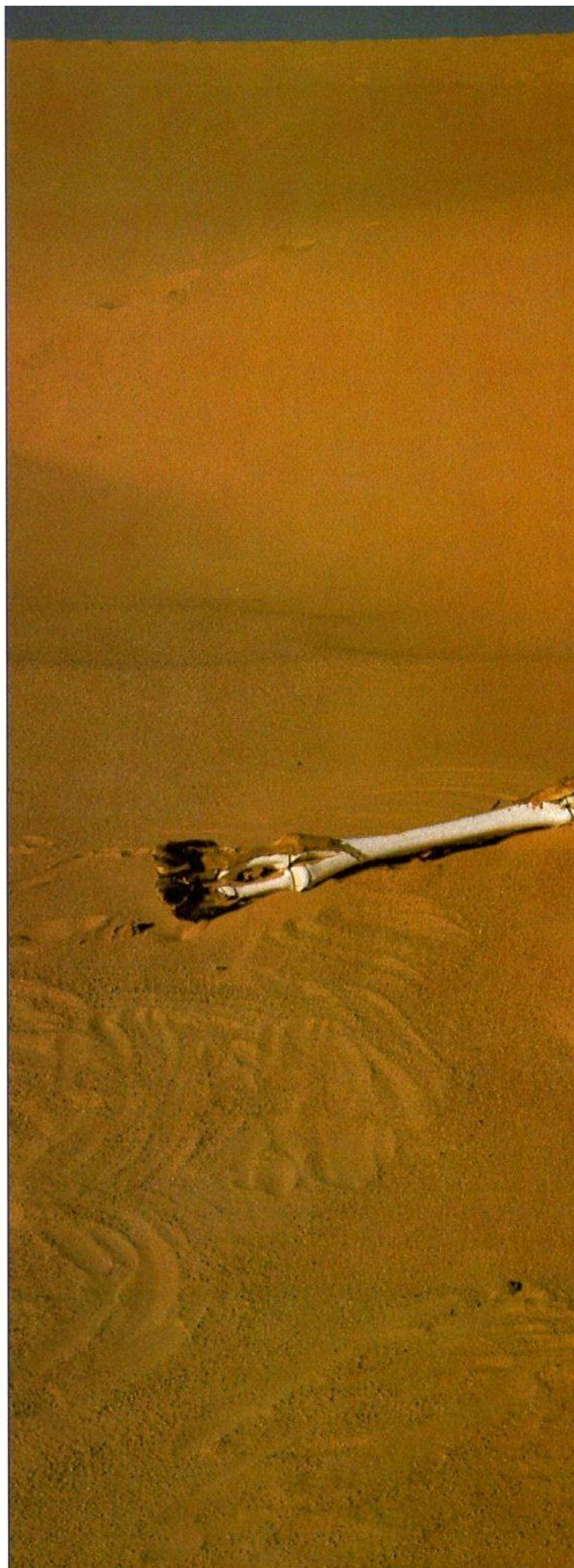
En diciembre, por lo general, la presión atmosférica sobre el sureste del Pacífico es bastante alta, lo cual indica que el aire desciende, mientras que sobre Indonesia es baja, lo que indica que el aire se eleva.

Cuando se produce El Niño, la situación se invierte. La presión atmosférica desciende en el sureste del Pacífico, con la consiguiente elevación del aire, y aumenta en Indonesia y Australia, donde las corrientes de aire descienden. No cabe duda de que El Niño forma parte de un gigantesco sistema de circulación alternante sobre el océano.

El primero en identificar la pauta de presiones fue sir Gilbert Walker, en los años veinte. El sistema se conoce como Oscilación del Sur o Circulación de Walker.

En el océano Pacífico, los vientos alisios del noreste y el sureste suelen converger a lo largo de la zona ecuatorial de calma. Los únicos vientos de esta zona soplan hacia el oeste, empujando el agua de la superficie, mucho más caliente que las aguas profundas. Esto provoca una elevación del nivel del mar en el Pacífico occidental, de 30 a 70 cm, con el correspondiente descenso en el Pacífico oriental, lo cual permite que el agua fría aflore desde las profundidades a lo largo de la costa de América del Sur.

Estas aguas frías de la corriente de Hum-



La devastadora influencia de El Niño, un fenómeno tan impredecible como poco conocido, se siente en todo el mundo. Como lo demuestran estos huesos blanqueados, ni siquiera el camello, con su legendaria resistencia a la escasez de agua, es capaz de resistir la sequía y el hambre que las últimas manifestaciones de El Niño han provocado en los países de África oriental.



boldt, ricas en nutrientes y plancton, dan lugar a excelentes zonas pesqueras. Los enormes bancos de anchoas que en ellas proliferan constituyen la base de la industria pesquera de Perú y Ecuador, que en 1971 era la más grande del mundo.

Cuando tiene lugar El Niño, se produce un movimiento de las aguas superficiales cálidas, que se desplazan en dirección este a través del Pacífico. Este fenómeno parece deberse a un cambio de dirección de los vientos ecuatoriales del este, cuyo sentido se invierte, convirtiéndose en vientos del oeste, que empujan las masas superficiales de agua hacia el este, lo cual da lugar a una acumulación de agua cálida alrededor de la costa suramericana, que impide el afloramiento de aguas profundas. La falta de estas aguas frías, ricas en nutrientes, tiene efectos catastróficos en la industria pesquera. El Niño de 1972 la dejó casi arruinada; en 1982-1983, las capturas se redujeron a la mitad de lo habitual.

Estos cambios en los patrones de presión atmosférica y viento tienen efectos muy acusados en el clima de todo el Pacífico. Por lo general, las altas presiones de las zonas del Pacífico central y la costa suramericana dan lugar a un tiempo muy seco, mientras que las bajas presiones traen nubes y lluvias a la zona occidental del Pacífico. Cuando se produce El Niño, esta pauta se invierte, alterando incluso la zona de ciclones tropicales. En 1982-1983, seis devastadores ciclones barrieron Tahití y las islas vecinas, que casi nunca se ven afectadas por estos fenómenos, dejando sin hogar a 25.000 personas.

Durante El Niño de 1982-1983, ciertas regiones de Australia experimentaron una sequía sin precedentes, que ocasionó incendios y terribles tormentas de polvo; lo mismo ocurrió en Indonesia, donde la población pasó hambre. Al mismo tiempo, las fuertes lluvias caídas en las regiones oriental y central del Pacífico provocaron catastróficas inundaciones y corrimientos de tierras en las regiones andinas de Ecuador, Perú y Bolivia.

Mientras dura El Niño, las grandes cantidades de calor y humedad añadidas a la atmósfera por evaporación de las aguas cálidas del océano afectan la circulación atmosférica de todo el planeta. En 1983, las tormentas de invierno que suelen cruzar la costa norte de Norteamérica se vieron desviadas hacia el sur, provocando un tiempo anormalmente lluvioso y borrascoso en California, Florida y Cuba. Y la sequía que sufrió en 1988 el Medio Oeste norteamericano se atribuye a El Niño de 1986-1988, que desvió las nubes de lluvia, alejándolas de la región.

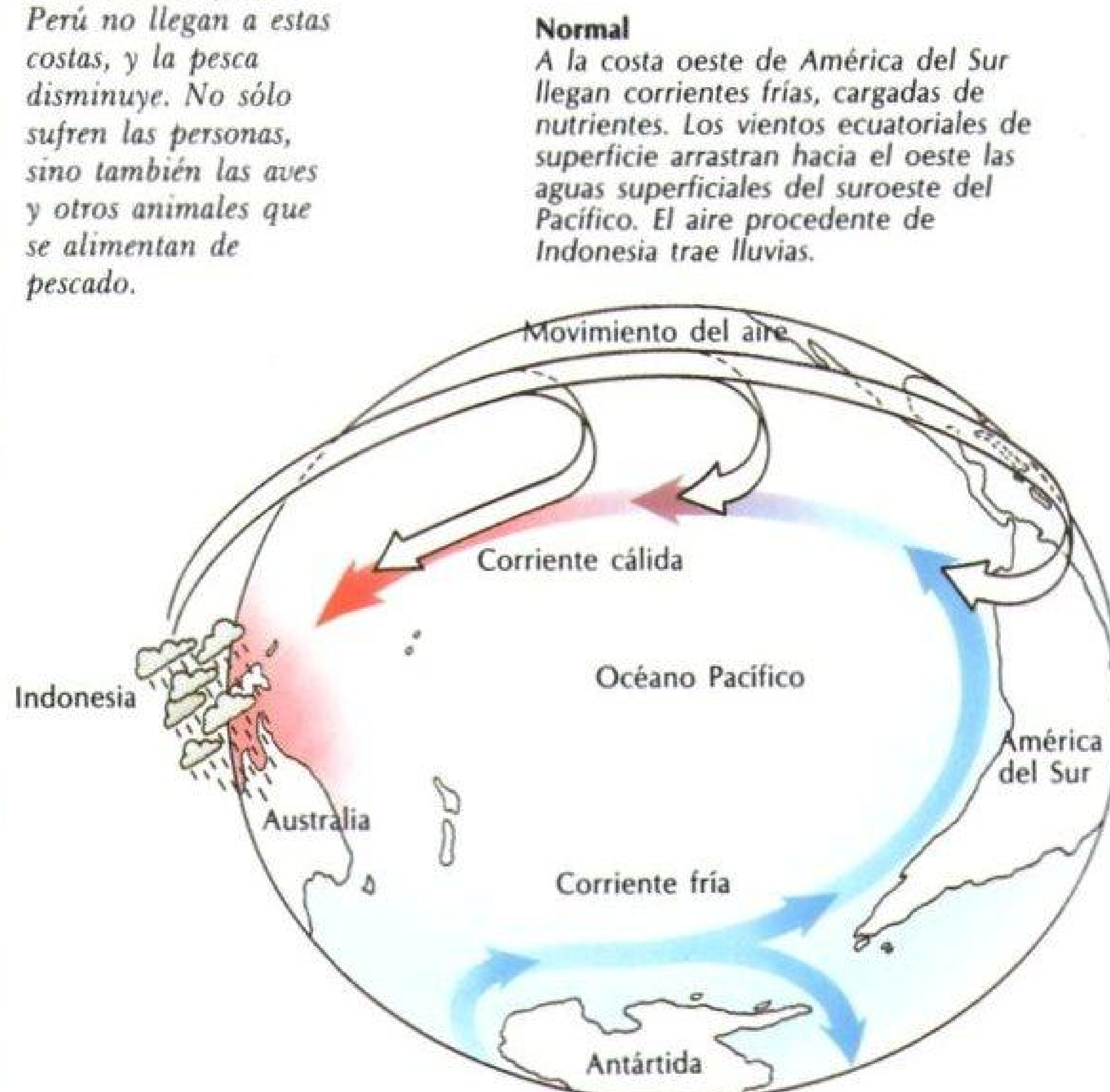
Los estudios más recientes han confirmado que, debido a la interacción de las aguas marinas y la circulación atmosférica en las regiones ecuatoriales del Pacífico y el Índico, la influencia de El Niño se deja sentir en otras muchas partes del mundo. Por ejemplo, El Niño fue la causa de la terrible sequía que afectó al sur de África en 1982, y de las que sufrieron el Sahel y Etiopía durante las décadas de los setenta y los ochenta.

Aunque ya conocemos gran parte del mecanismo de estos fenómenos, seguimos sin saber con exactitud cuál es la causa que los inicia.

Si lográramos averiguar qué provoca El Niño, quizá podríamos predecirlo con meses —e incluso estaciones— de anticipación, evitando de este modo sus consecuencias más desastrosas.

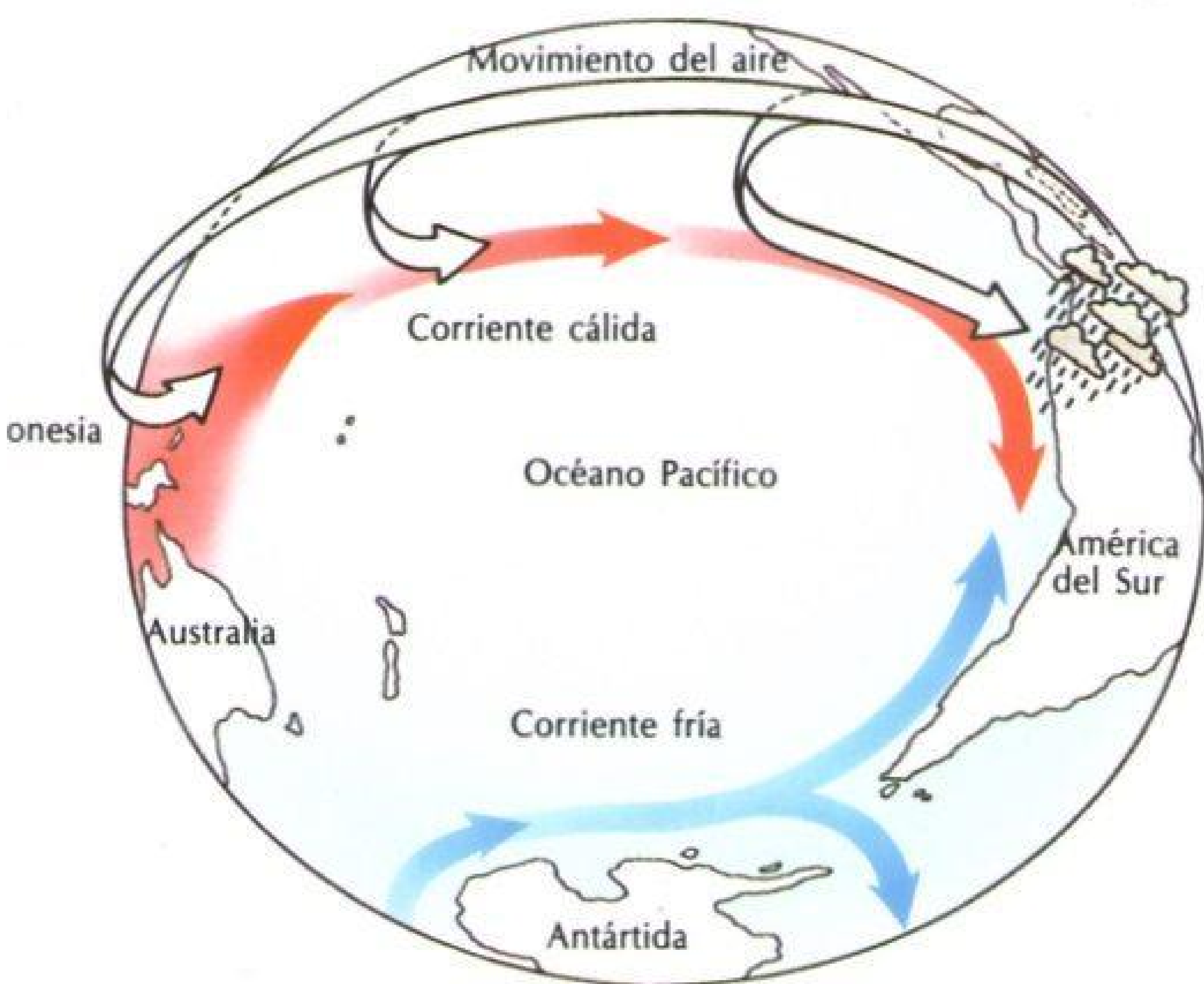


En un año normal, se pescan miles de toneladas de anchoas frente a las costas de Ecuador y Perú. Pero cuando llega El Niño, las corrientes frías de Perú no llegan a estas costas, y la pesca disminuye. No sólo sufren las personas, sino también las aves y otros animales que se alimentan de pescado.



Normal
A la costa oeste de América del Sur llegan corrientes frías, cargadas de nutrientes. Los vientos ecuatoriales de superficie arrastran hacia el oeste las aguas superficiales del suroeste del Pacífico. El aire procedente de Indonesia trae lluvias.

El Niño
Los movimientos del aire se invierten. El agua caliente fluye hacia el este desde Indonesia y baja por la costa de América del Sur, anulando la corriente fría. El aire que se eleva sobre las Américas provoca tormentas e inundaciones.



El Niño trastorna las pautas climáticas normales: hay sequía donde debería llover y se producen inundaciones en zonas normalmente secas. En Australia, grandes cantidades de tierra fértil se pierden en las tormentas de arena, mientras en California se inundan las viviendas.



Arenas cambiantes en el desierto

Hacia el 150 a. C., los romanos conquistaron el norte de África, que se convirtió en el granero del Imperio, con una producción anual de 500.000 toneladas de trigo en tiempos de Julio César. Más de 600 ciudades florecieron en la zona, pero con el paso de los siglos han quedado sepultadas por el avance hacia el norte de las arenas del Sahara. Sus ruinas son un sombrío recordatorio de la futilidad de nuestros esfuerzos frente a la imparable —y todavía no muy bien explicada— expansión de los desiertos.

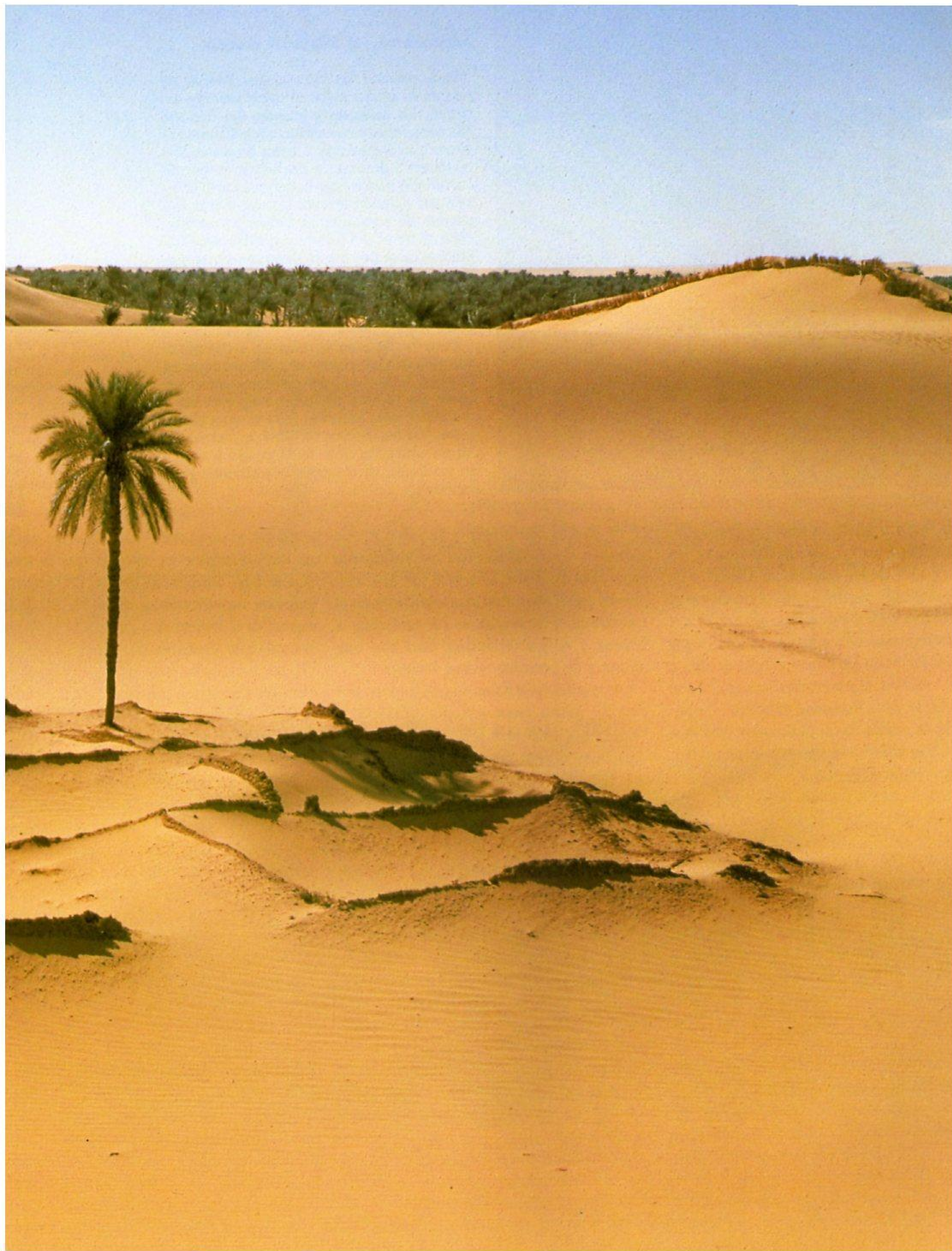
La desertización, o proceso de transformación de extensas zonas de tierra productiva en desierto estéril, sin apenas agua o vegetación, está avanzando a velocidades alarmantes en los últimos tiempos. Entre 1882 y 1952, el porcentaje de superficie terrestre clasificada como desierto aumentó de 9,4 a 23,3. En 1984, el Programa Ambiental de las Naciones Unidas declaraba: «El 35 por 100 de la superficie terrestre está en peligro... Cada año quedan reducidas a la práctica inutilidad 21 millones de hectáreas.» ¿A qué se debe el peligro de degradación que corren tan extensas zonas? ¿Se trata de un cambio climático global, debido al calentamiento de la atmósfera? ¿O es consecuencia de la perturbación ambiental provocada por las actividades humanas?

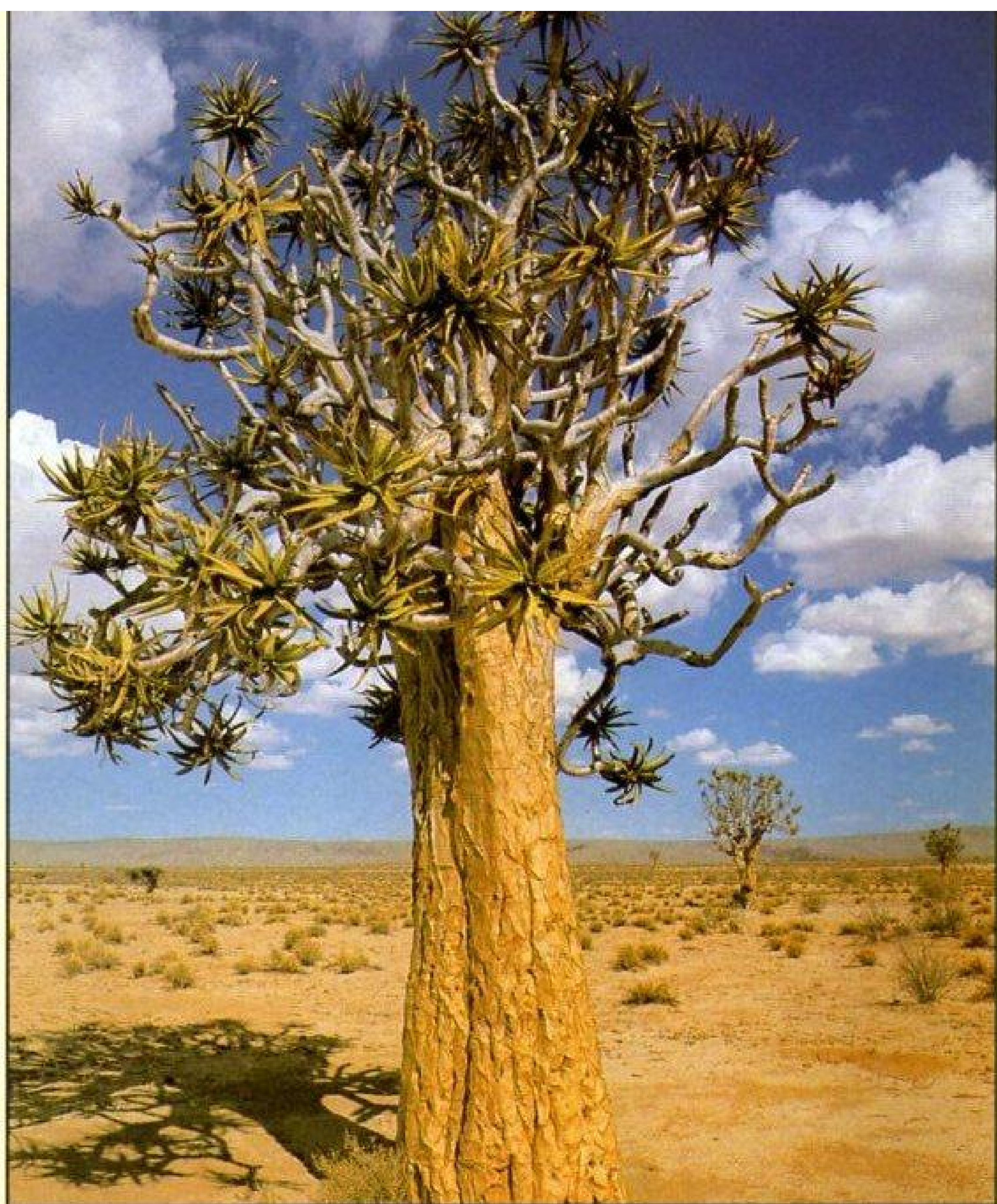
El factor clave que define un desierto es la lluvia. Se clasifica como desierto a toda zona que reciba menos de 100 mm de lluvia al año. Las que reciben de 100 a 250 mm se denominan «zonas áridas»; con menos de 500, la zona se considera semiárida, y suele contar con algo de vegetación. La pluviosidad es consecuencia de las corrientes de viento, que a su vez están influidas por las corrientes oceánicas; y todas ellas dependen en último término de la radiación solar, que calienta la superficie de la Tierra.

En el ecuador, donde la influencia del sol es más fuerte, el aire caliente y húmedo se eleva hasta las capas superiores de la atmósfera, donde se enfría, con la consiguiente formación de nubes de lluvia. Las corrientes de aire circulan hacia el norte y hacia el sur



Una casa abandonada y sepultada por la arena, al borde del oasis de Salah, en Argelia, parece un símbolo de la lucha humana contra la implacable expansión de los desiertos. Año tras año, tierras antes fértiles son englobadas por el avance de las dunas. Y mientras las misteriosas fuerzas de la naturaleza desvían las lluvias, alejándolas de las regiones áridas, los hambrientos habitantes y su ganado acaban con la poca vegetación que queda.





Adaptaciones a la vida en el desierto

Para resolver las necesidades básicas de retener el agua y evitar el calentamiento excesivo, los animales y plantas del desierto han desarrollado numerosas adaptaciones, algunas muy ingeniosas. Ciertos animales sólo se mueven durante la noche; otros buscan un refugio fresco bajo la tierra. La ardilla listada del Kalahari levanta la cola, usándola a manera de sombrilla. La liebre norteamericana, el fenec del Sahara y el erizo del Gobi irradian calor por medio de sus enormes orejas. Y en el Namib, los escarabajos se congregan por la noche para recoger la niebla marina, que se condensa en sus patas y les gotea hasta la boca.

También las plantas recurren a complicados métodos para obtener y retener agua. La *Covillea tridentata*, del desierto mexicano, posee un sistema de raíces muy extenso y profundo, para absorber toda el agua de las proximidades. El *Aloe dichotoma*, del sur de África, almacena agua en su grueso tronco y en sus hojas, permanentes y suculentas *(a la izquierda)*.

hasta llegar a latitudes más frías; entonces descienden, a unos 1.500 km del ecuador, en las regiones de los trópicos de Cáncer o de Capricornio, según se encuentren en el hemisferio norte o sur. A estas alturas, el aire ha perdido casi toda la humedad, por lo que apenas llueve en las tierras cálidas de abajo. Por añadidura, al pasar sobre la tierra, el aire absorbe la poca humedad existente, llevándosela de vuelta hacia el ecuador. Por esta razón, los desiertos se encuentran en los trópicos y zonas adyacentes.

Si en una zona ya seca disminuyen aún más las precipitaciones, se produce una sequía. Durante el último período glacial, de 20.000 a 10.000 años atrás, un enorme banco de hielo avanzaba y retrocedía sobre el norte de Europa, provocando períodos alternantes de lluvia y sequía en el Sahara. En el actual período interglacial, el hielo se ha retirado y también el cinturón de lluvias se ha desplazado hacia el norte, dejando el Sahara aún más seco.

En tiempos recientes, el Medio Oeste norteamericano ha sufrido dos grandes sequías, una a finales del siglo XIX y otra en los años treinta del XX, cuando una extensa zona de las praderas quedó reducida a una «olla de polvo». La presión económica obligó a abusar de los pastos restantes, agravando la catástrofe natural y desertizando de manera permanente algunas zonas.

También en África la sequía ha devastado el chaparral semiárido y la sabana que rodeaban el sub-Sahara, con la consiguiente expansión del desierto hacia el sur. El cinturón del Sahel abarca en la actualidad todo el continente, y la sequía se ha extendido a Etiopía y el sur de Sudán, haciendo que millones de personas sufran hambre.

Las sequías en el Sahel vienen a durar, por término medio, unos seis años: 1910-1915, 1941-1949 y 1968-1974.

La más reciente comenzó en 1982 y parece que aún dura. La lluvia ha disminuido en un 15 por 100 desde 1920. Durante el período 1960-1970, el descenso fue de 65 mm, y el desierto avanzó hacia el sur a razón de 9 km por año. Al mismo tiempo, en la región mediterránea han aumentado las lluvias de invierno.

Algunos climatólogos relacionan las sequías de África con las variaciones en la intensidad de la corriente del Frente Polar, que circula a gran altura. Cuando esta corriente es débil, impide que las lluvias lleguen al norte de África y la India, con la consiguiente sequía. Otros expertos creen que la causa es El Niño, un calentamiento anormal y periódico de las aguas superficiales del océano.

Los estudios científicos han demostrado que los actuales desiertos fueron mucho más húmedos en el pasado. Por ejemplo, los profundos cañones que surcan el desierto de Néguev, en Israel, indican que por allí corrieron grandes ríos; y el análisis del polen de los sedimentos ha revelado que la zona poseía una abundante vegetación. En las pinturas rupestres encontradas en antiguas cuevas de la meseta de Tassili, en el Sahara central, que tienen de dos mil a cinco mil años de antigüedad, se describe un pueblo de pastores que criaba caballos y animales salvajes como gacelas, hipopótamos y jirafas. Todo indica que la región era entonces una sabana bien regada.

El experimento agrícola a gran escala de los romanos en el norte de África duró sólo unos pocos siglos. Los bosques se talaron para obtener madera y ganar espacio para la agricultura; los cultivos intensivos empobrecieron el suelo, y el forrajeo acabó con la cubierta vegetal, dejando la tierra expuesta a la erosión. Lo que antes era tierra fértil se convirtió en desierto.

También la naturaleza intervino en el proceso: en 250 d. C., san Cipriano, obispo de Cartago, observó que las lluvias habían disminuido, y que manantiales antaño abundantes habían quedado reducidos a un hilillo de agua.

Todavía seguimos reincidiendo en los errores ecológicos de tiempos pasados, complicados ahora por el acuciante problema de la superpoblación. Pero en el meollo del asunto se encuentran las veleidades del clima. Sus impredecibles fluctuaciones pueden desembocar en situaciones trágicas.

Desierto extremo

Zonas áridas

Zonas en peligro de desertización

Los desiertos aparecen a pares, al norte y al sur del ecuador: los desiertos norteamericanos de Mojave y Sonora forman pareja con los de Atacama y Patagonia, en América del Sur. El Sahara se equilibra con los de Namib y Kalahari; y los desiertos de Arabia y el Thar (India) equivalen más o menos al gran desierto de Australia.

La tierra, ya reseca por la falta de lluvia, es esquilmada por el forrajeo excesivo, y las zonas que rodean a las fuentes naturales de agua son las primeras en convertirse en desierto.



El enigma del clima

En los 3.500 millones de años transcurridos desde el origen de la vida, el clima de la Tierra ha experimentado grandes variaciones. No obstante, parece haberse mantenido lo bastante acogedor como para permitir la supervivencia de plantas y animales, a pesar de que la radiación solar ha aumentado a lo largo de este inmenso lapso de tiempo.

Los científicos especulan acerca de la posible existencia de un misterioso mecanismo autorregulador o «Efecto Gaia», que controla el clima, la ecología y la evolución del planeta. Pero los habitantes humanos de la Tierra, sin aguardar a resolver este misterio, se han embarcado en su propio experimento de cambio climático, cuyos resultados podrían ser desastrosos.

En la actualidad, la Tierra se está calentando. Un planeta más caliente sería también más susceptible de perturbaciones en los sistemas agrícolas y pesqueros; además, el derretimiento de los casquetes polares inundaría numerosas costas y ciudades. Con el tiempo —al menos, en teoría—, el planeta podría quedar inhabitable.

Predecir la evolución futura del clima planetario a largo plazo es algo tan especulativo como leer el porvenir en una bola de cristal, pero no cabe duda de que nuestro clima refleja el equilibrio entre la energía recibida del sol, la cantidad que la Tierra utiliza y almacena para mantener un medio ambiente que permita la vida, y la cantidad de energía que se devuelve al espacio.

La energía solar, en forma de luz de onda corta, es absorbida por los gases atmosféricos, las nubes, los océanos y la tierra, transformándose en calor que calienta el planeta, impulsa los vientos, evapora el agua y, en último término, produce lluvia.

La cantidad de calor que se almacena temporalmente en la atmósfera es un factor crucial que determina la temperatura en todo el planeta. Y esta cantidad depende de algunos gases que se encuentran en la atmósfera en cantidades relativamente pequeñas, como el dióxido de carbono, los clorofluorocarburos (CFC), el metano, el



La selva lluviosa tropical, un mundo de misterio, emoción y diversidad inimaginable, es el ejemplo supremo de la magnificencia de la naturaleza. Pero, además, constituye el centro sanitario de nuestro planeta, ya que sin el frágil equilibrio que los bosques tropicales mantienen entre el dióxido de carbono y el oxígeno de la atmósfera, nuestro planeta se vería condenado a languidecer y morir.





ozono y el óxido nitroso. Junto con el vapor de agua, estos gases dejan pasar la energía solar a través de la atmósfera, pero retienen una importante fracción de la energía de onda larga que nuestro planeta emite hacia el espacio.

Estos gases actúan como los cristales de un invernadero: dejan entrar la luz, pero atrapan el calor; debido a este efecto, conocido como «efecto invernadero», resultan fundamentales para mantener una temperatura aceptable en nuestro mundo.

Si no existieran estos gases, la superficie del planeta tendría una temperatura de 17 °C bajo cero. Y si el efecto invernadero fuera tan intenso en nuestro planeta como en Venus, padeceríamos temperaturas superiores a los 500 °C. El actual aumento del nivel de estos gases es demasiado pequeño como para transformar el clima de la Tierra en un horno venusino, pero sí puede provocar un significativo aumento de las temperaturas.

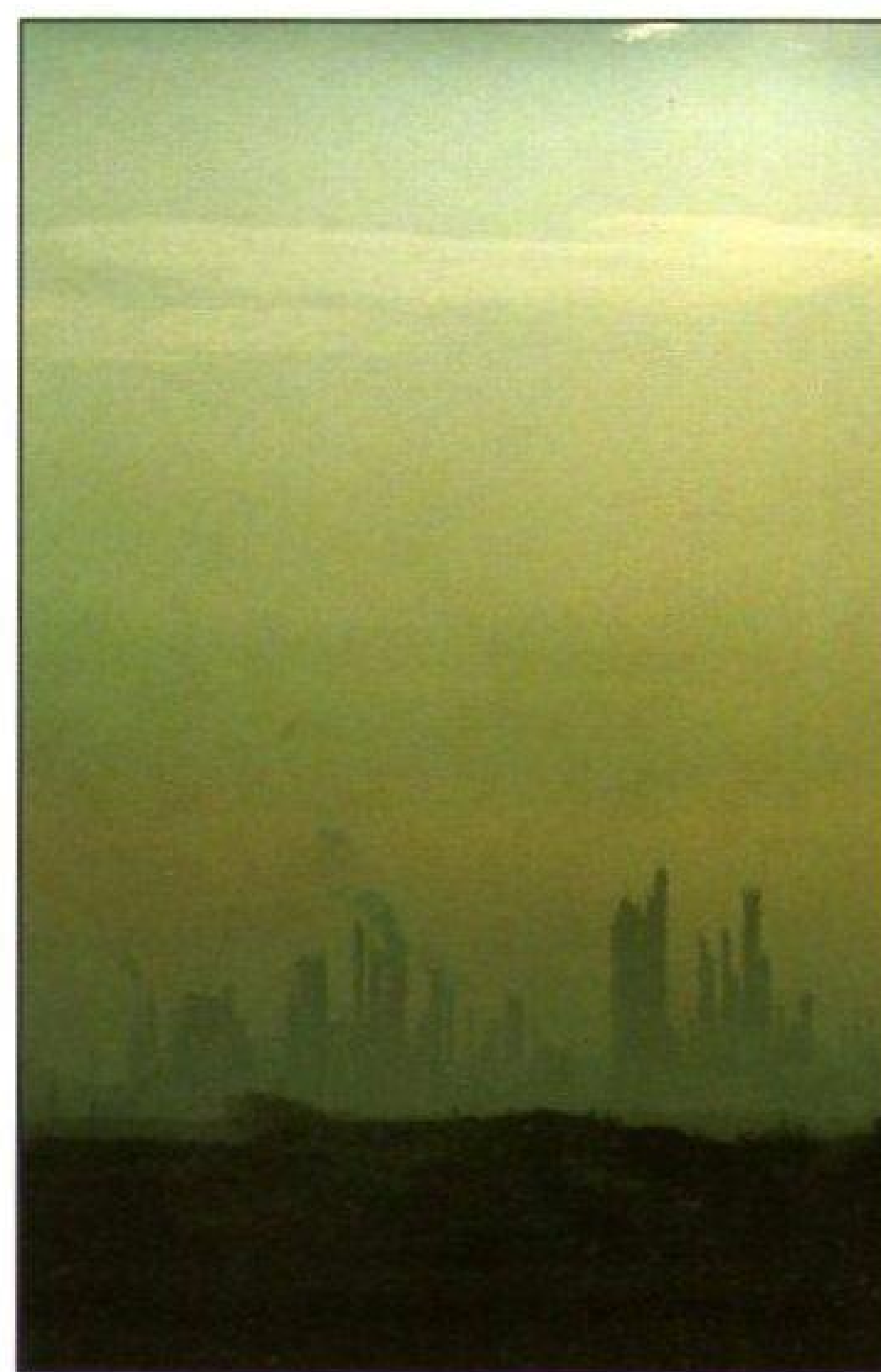
El más importante de los gases «de invernadero» es el dióxido de carbono, responsable de la mitad del calentamiento previsto para el próximo siglo. Durante los 100 últimos años, la concentración de todos los gases de invernadero ha ido en aumento, y la temperatura global ha aumentado aproximadamente medio grado centígrado. Parte del aumento quedó enmascarada por las fluctuaciones climáticas naturales, pero el calentamiento se confirmó en la década de los ochenta, en la que se dieron los seis años más calurosos de todo el siglo.

Casi todos los científicos están de acuerdo en que si la concentración de gases sigue aumentando, la temperatura global a mediados del próximo siglo habrá ascendido de 1,5 a 4,5 °C. Puede que parezca poca diferencia, pero el planeta no ha estado tan caliente desde antes del último período glacial.

El calentamiento global provocará cambios en los climas regionales y en los patrones de pluviosidad, que afectarán a las mejores zonas de producción agrícola. En concreto, las tierras de cereales de las latitudes medias sufrirán un clima más seco, con la consiguiente disminución de las cosechas.

Dado que el mercado mundial de alimentos depende en gran medida de los excedentes de estas zonas, las consecuencias pueden ser desastrosas para los países pobres que tienen que importar alimentos. La supervivencia de millones de habitantes del Tercer Mundo puede depender de la capacidad de adaptación de los agricultores de los países desarrollados a los cambios climáticos, que les permita mantener la producción en un clima menos previsible.

La disminución de las cosechas a causa de los cambios climáticos puede quedar contrarrestada en parte por los efectos directos del aumento de la concentración de dióxido de carbono en la atmósfera. Mediante experimentos de laboratorio, se ha demostrado que el incremento del dióxido de carbono favorece la fotosíntesis (el proceso por el que las plantas utilizan la energía de la luz para transformar el agua y el dióxido de carbono en materiales orgánicos). También hace aumentar el rendimiento de las cosechas de trigo, soja y arroz.



La quema de grandes extensiones de bosque tropical en América Central y del Sur y en el sureste asiático no sólo desprende dióxido de carbono, sino que reduce la cantidad de vegetación disponible para eliminar de la atmósfera dicho gas.

El «efecto invernadero»

El calentamiento gradual de la atmósfera terrestre es el resultado de varios procesos, tal como se indica en el esquema, que incluye los ciclos del dióxido de carbono —el más importante de los gases de invernadero— y del carbono, así como el recorrido del carbono a través del ecosistema mundial.

Entre los demás gases de invernadero destacan los clorofluorocarburos (CFC), que se vienen utilizando desde los años treinta como propulsores para aerosoles, en los sistemas de refrigeración y para expandir espumas plásticas.

El óxido nitroso, o «gas de la risa», se forma a partir de los combustibles fósiles, los fertilizantes nitrogenados y los residuos animales. Los niveles atmosféricos de este gas están aumentando a razón de un 0,2 por 100 al año. Las entrañas y excrementos de rumiantes como las vacas y los búfalos producen, además, metano, que también se forma a consecuencia de la actividad bacteriana en pantanos, arrozales y vertederos. El nivel de este gas aumenta un 1 por 100 cada año.

Energía luminosa del Sol

Atmósfera terrestre

Metano

CFC

Óxido nitroso

Parte de la energía luminosa es desviada hacia el espacio

Los gases de invernadero aumentan la capacidad de la atmósfera para retener calor

La mayor parte de la energía luminosa atraviesa la atmósfera

La Tierra absorbe la energía luminosa e irradia calor

Parte del calor es retenido por la atmósfera

La mayor parte de la energía luminosa escapa

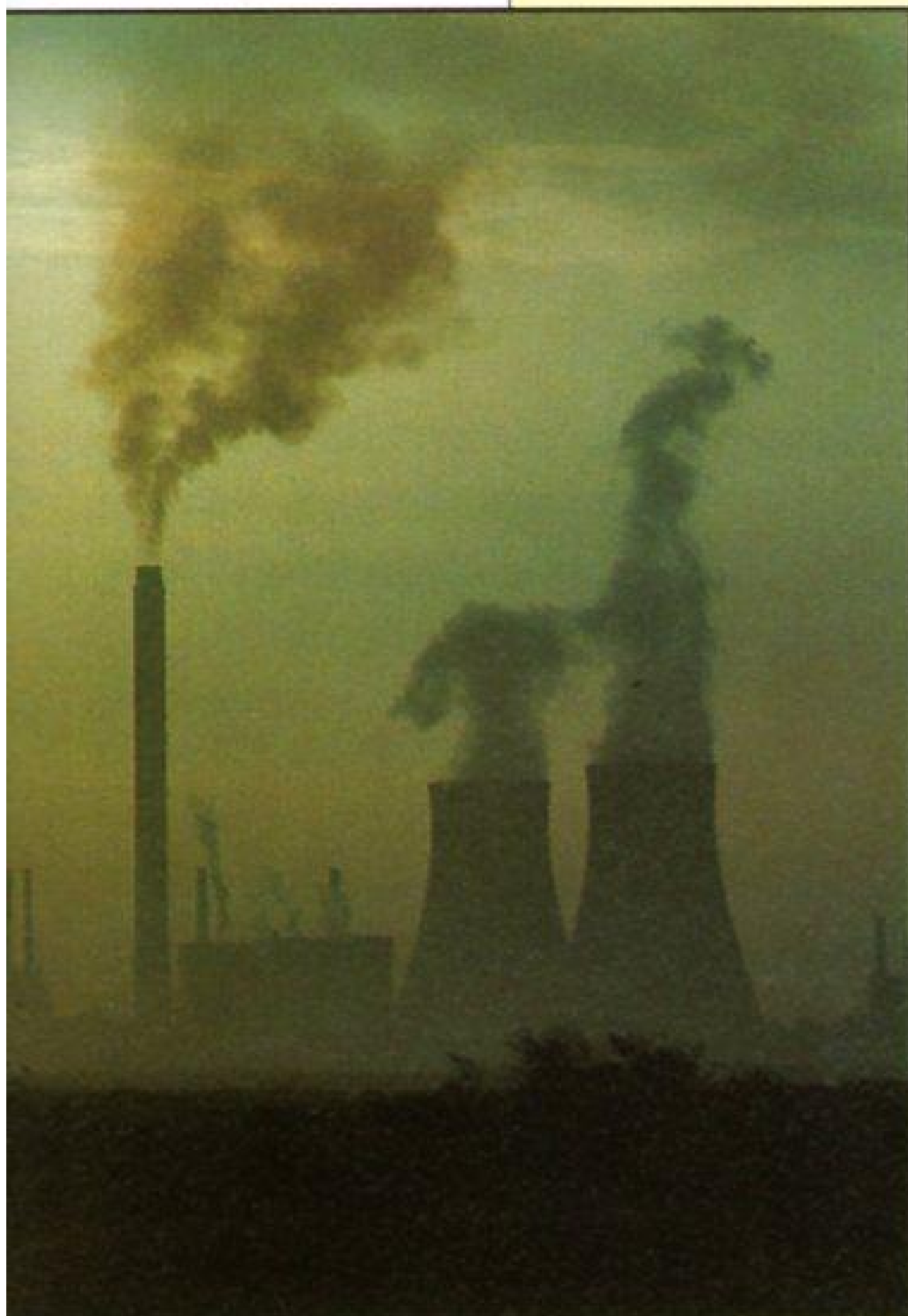
El carbono fijado queda atrapado en forma de petróleo y carbón

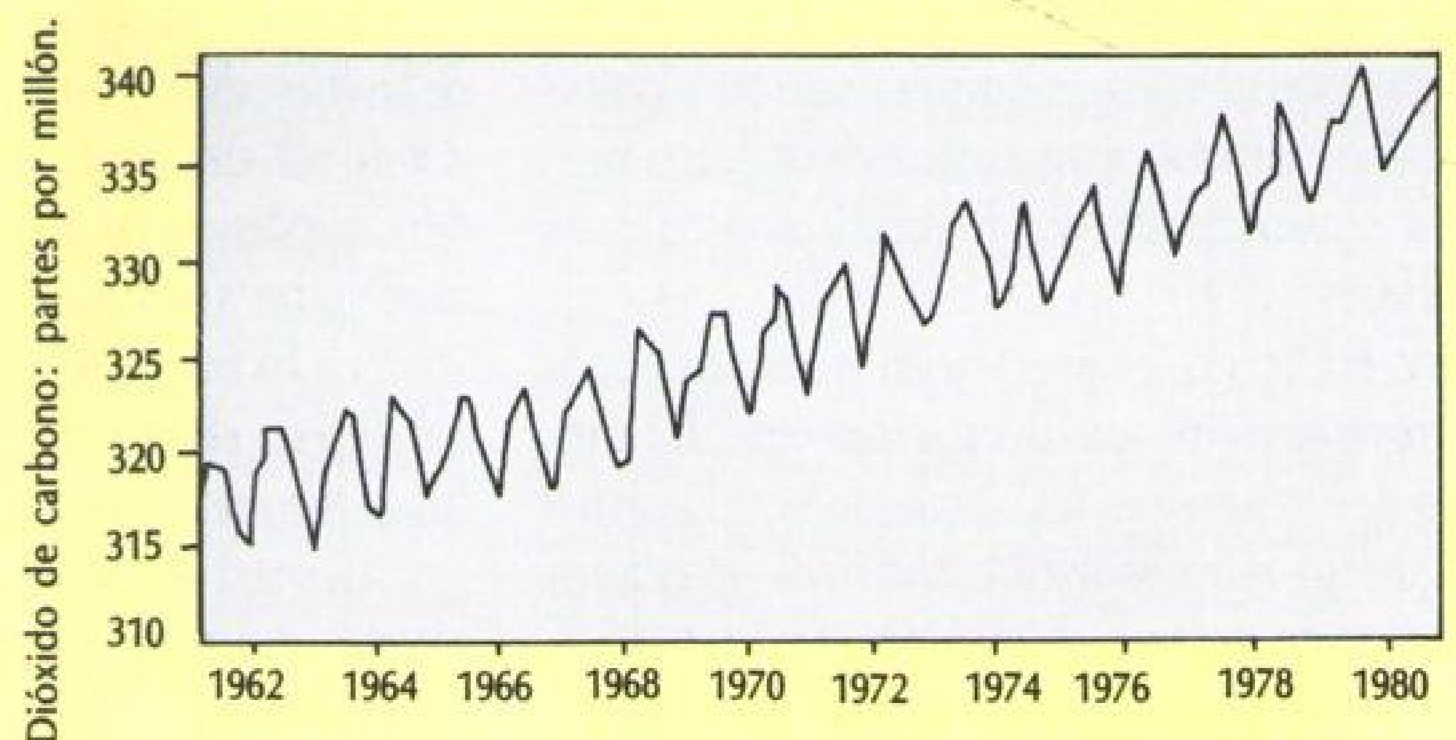
La fotosíntesis de las plantas y el fitoplancton fija el carbono atmosférico

La quema de combustibles fósiles devuelve rápidamente el carbono a la atmósfera

Los procesos naturales devuelven el carbono a la atmósfera relativamente despacio

Las chimeneas y las torres de refrigeración de las industrias que utilizan combustibles fósiles —petróleo y carbón— producen cada año más de una tonelada de carbono por cada habitante de la Tierra. Las emisiones contienen, además, óxido nitroso y producen nubes fotoquímicas de óxidos de nitrógeno e hidrocarburos; la luz solar, al actuar sobre estos compuestos, forma ozono, que irrita los ojos.





En 1960 el contenido de CO_2 en el aire de Mauna Loa, Hawai, era de 270 partes por millón, casi el mismo que en el siglo XIX. En 1980 había aumentado a 340 ppm. Los cálculos basados en estos datos predicen una duplicación del contenido de CO_2 para el año 2080.



Además, el aumento de la concentración de dióxido de carbono reduce el tamaño de los estomas (poros de las hojas, a través de los cuales pasan los gases y el agua), elevando la eficiencia en la utilización del agua por las plantas. Parece, pues, que las plantas podrían tolerar condiciones mucho más secas y aun así producir rendimientos muy similares.

Sin embargo, gran parte de nuestros conocimientos sobre los efectos directos del dióxido de carbono se ha obtenido en la seguridad de los laboratorios científicos, no en los campos de cultivo. No están tan claros sus efectos en el mundo real, donde los cultivos tendrían que competir con malas hierbas, plagas, enfermedades y condiciones climáticas variables.

El calentamiento global provocaría la expansión del agua de las capas superiores de los océanos, con la consiguiente elevación del nivel del mar, a la que contribuiría el derretimiento de los glaciares. El nivel del mar ya ha ascendido en todo el mundo unos 15 cm a lo largo del siglo XX, a consecuencia del ligero efecto invernadero que ha tenido lugar hasta ahora.

Las predicciones acerca de los futuros niveles del mar difieren considerablemente. Si el banco de hielo de la Antártida occidental se derritiera y desintegrara en unos pocos siglos, se produciría una elevación catastrófica de unos 5 m. Los cálculos más moderados predicen una elevación de 90 cm para finales del siglo XXI, lo cual bastaría para crear situaciones desastrosas en las islas y las costas.

El primer aviso sobre las consecuencias del efecto invernadero lo dio en 1896 el científico sueco Svante Arrhenius (1859-1927), pero nadie le prestó atención. Y ahora, aunque todavía es posible reducir o retrasar el calentamiento global, ya resulta imposible detenerlo, porque las actuales concentraciones de gases de invernadero han con-



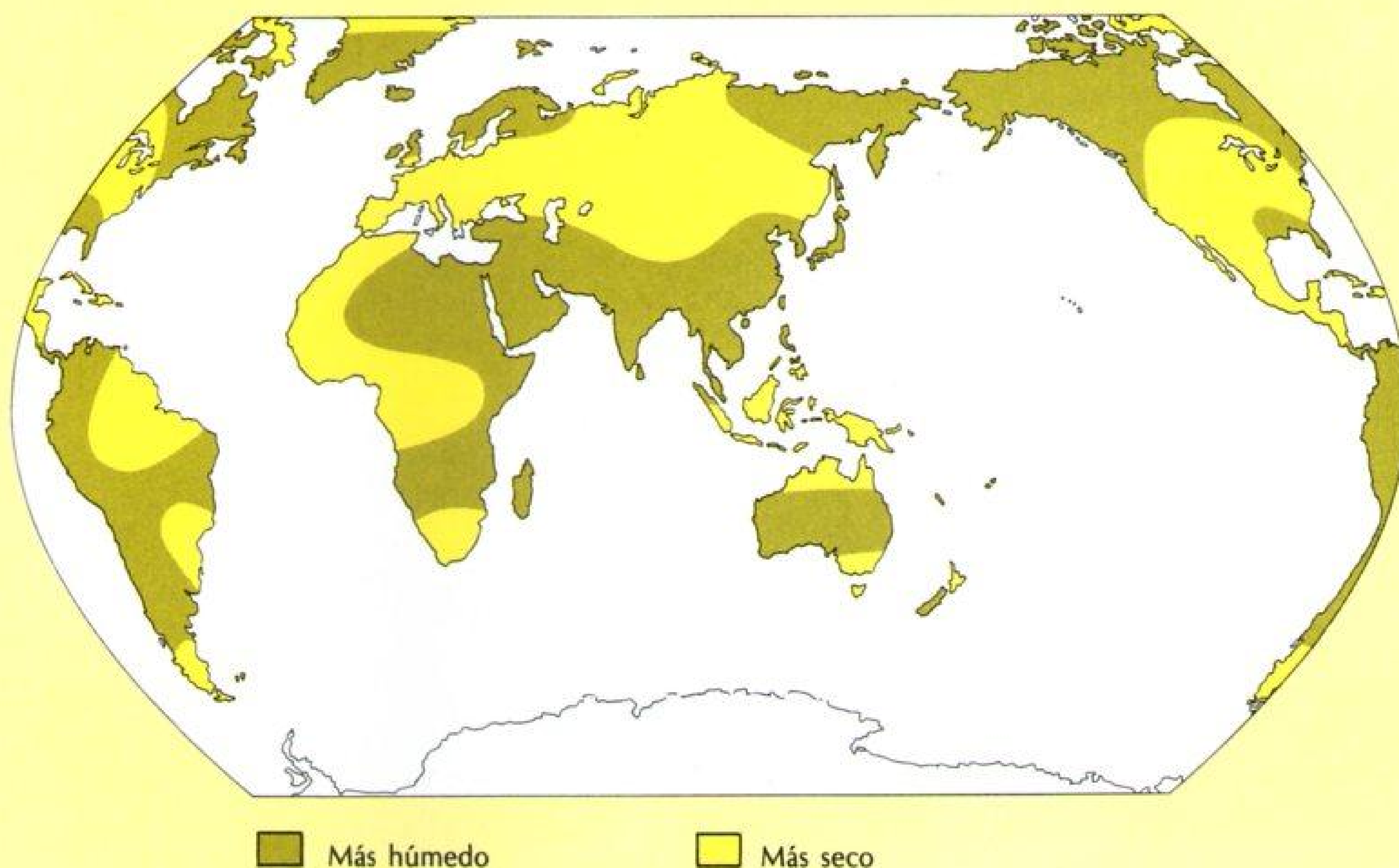
Los campesinos de países de poca altitud, como Bangla Desh, conocen el dolor de ver inundados sus campos y sus hogares cuando los monzones empujan al mar tierra adentro. Ellos son los primeros que sufrirán la pérdida total de su tierra si el calentamiento global llega a derretir el hielo de los casquetes polares, elevando el nivel del mar de manera apreciable y permanente.

El enigma del calentamiento global

Uno de los aspectos más debatidos del efecto invernadero es el de sus consecuencias futuras. Los científicos no se ponen de acuerdo, y las especulaciones pecan a veces de alarmistas. Al ritmo actual de calentamiento, la temperatura de la Tierra habrá aumentado por lo menos 2 °C para mediados del siglo XXI. El derretimiento de los casquetes polares podría elevar un metro el nivel del mar, lo que provocaría inundaciones parciales en ciudades como Nueva York, Londres y Tokio. Es posible que también se inundaran algunos complejos industriales y zonas de cultivo situados en costas bajas. Y podrían desaparecer casi por completo las islas Maldivas, una serie de 1.196 atolones del océano Índico, habitados por unas 177.000 personas.

También se producirían profundos cambios en el clima, aunque no todos necesariamente malos. Algunas zonas del mundo, sobre todo en las altas latitudes, tendrían temperaturas más suaves y lluvias más abundantes, lo cual permitiría, por ejemplo, establecer cultivos en Escandinavia y el norte de Canadá, donde ahora hace demasiado frío para las prácticas agrícolas.

Sin embargo, algunas zonas que ahora son productivas, como el «cinturón del grano» del Medio Oeste norteamericano, recibirían mucha menos lluvia; en general, las sequías serían frecuentes en el interior de casi todos los continentes.



denado al planeta a un calentamiento de 0,5 a 1 °C.

La combustión de carbón es el factor que más contribuye al efecto invernadero en todo el mundo, ya que desprende dióxido de carbono. Todo parece indicar que seguirá haciéndolo.

No existen soluciones mágicas, pero la reducción del consumo energético, mediante un mejor aprovechamiento de la energía en fábricas, hogares, oficinas y carreteras, y la sustitución del carbón por combustibles no fósiles (energía hidroeléctrica, solar, eólica, mareal o nuclear) podría aplazar varias décadas los efectos más graves.

Otra medida importante sería la protección de los bosques tropicales y la plantación intensiva de árboles de hoja ancha, ya que sus hojas absorben el dióxido de carbono de la atmósfera. También hay que intentar eliminar los CFC y reducir otros gases de invernadero.

El tiempo ganado con estas medidas proporcionaría un respiro antes de que se produzca el calentamiento más grave. Los agricultores podrían perfeccionar los sistemas de irrigación, desarrollar nuevas variedades e incluso planificar el traslado, abandonando las regiones más afectadas. De manera similar, las comunidades costeras tendrían tiempo para construir o reforzar las barreras contra la subida de las aguas, y acondicionar las instalaciones portuarias.

Desde principios de los años setenta, los científicos han venido manifestando su preocupación por la contaminación ambiental, que no sólo puede provocar un calentamiento global, sino que es capaz de causar un efecto aún más siniestro: la eliminación de la capa de ozono. El ozono es un isótopo del oxígeno con tres átomos en cada molécula (O_3), mientras que la molécula normal de oxígeno tiene dos átomos (O_2). Se crea en la atmósfera superior cuando la luz del sol fracciona moléculas de oxígeno normales,

cuyos átomos se recombinan para formar ozono.

La mayor parte del ozono que hay en el mundo se encuentra en una capa situada entre 13 y 24 km de altura. Aunque el ozono representa menos de una millonésima parte de los gases atmosféricos —y si se extendiera uniformemente sobre el mundo al nivel del mar sólo tendría 3 mm de espesor—, resulta esencial para el mantenimiento de la vida sobre el planeta, ya que actúa como escudo protector, absorbiendo grandes cantidades de radiación solar de onda corta —o ultravioleta— que, de otro modo, resultarían nocivas para plantas y animales.

La inquietud de los científicos apenas encontró eco hasta mayo de 1985, cuando el equipo británico de investigación antártica instalado en la bahía de Halley, en la costa antártica, advirtió una importante reducción de la capa de ozono situada sobre sus cabezas. Se echó la culpa a la contaminación, y en especial a los clorofluorocarburos (CFC), que ya eran motivo de preocupación porque ocasionan una quinta parte del efecto invernadero global.

Sin duda, el adelgazamiento o «agujero» de la capa de ozono se habría descubierto antes, de no ser porque el ordenador que analizaba las mediciones del satélite Nimbus estaba programado para excluir como «errores» los valores muy bajos.

La acumulación de CFC ejerce muy poco efecto sobre la capa de ozono hasta que se alcanza un nivel crítico (y desconocido). Parece ser que en las condiciones de la Antártida, dicho umbral se alcanza con más rapidez que en otras partes del mundo, por lo que un pequeño aumento en la concentración de CFC en la zona puede provocar la brusca eliminación de grandes cantidades de ozono.

El «agujero» en la capa de ozono de la Antártida dura unos tres meses cada año, y aparece en septiembre, al terminar la larga noche polar e iniciarse la primavera en el hemisferio sur. Durante el invierno, la Antártida queda rodeada por un cinturón de vientos fortísimos, que aíslan el aire del continente helado respecto al resto del mundo. En esta región aislada, con temperaturas de hasta 85 °C bajo cero, tienen lugar complicadas reacciones químicas entre los CFC y el óxido nitroso.

El resultado es la formación de compuestos de cloro, que destruyen las moléculas de ozono; una sola molécula de cloro puede eliminar 100.000 de ozono en el plazo de uno o dos años.

La desaparición de la capa de ozono permitiría que llegaran al suelo grandes cantidades de radiación ultravioleta. En las condiciones actuales, los rayos ultravioleta pueden causar quemaduras, pero una cantidad mayor podría provocar cáncer de piel. Un simple descenso del 5 por 100 en el ozono total del planeta podría ocasionar tres millones de casos de cáncer de piel al año. Los estudios realizados en Australia y Nueva Zelanda, países próximos a la Antártida, indican que la disminución alcanza ya ese nivel. Además, la radiación ultravioleta interfiere con el sistema inmunitario del organismo, encargado de combatir las infecciones, y provoca cataratas en los humanos y diversas afecciones oculares en el ganado.

Un aumento considerable de la radiación ultravioleta pondría en peligro al fitoplancton —conjunto de plantas marinas unicelulares—, del que depende en último término toda la vida marina. Se reducirían las cosechas de algunos productos agrícolas, en especial la soja, y morirían las larvas de numerosas especies de peces, que viven muy cerca de la superficie del mar. Además, al



El agujero de la capa de ozono es más grande en primavera, porque los fuertes vientos de invierno aíslan la Antártida, haciendo que los CFC se acumulen en la atmósfera. Los CFC reaccionan con el oxígeno, formando compuestos de cloro que destruyen el ozono.

Vestido como un cirujano para evitar la contaminación, un glaciólogo sierra un trozo de muestra de hielo extraída en la Antártida. El análisis del hielo permite a los científicos deducir los cambios climáticos que tuvieron lugar en tiempos pasados y comprobar los niveles actuales de contaminación atmosférica.



haber menos ozono que absorba los rayos ultravioleta, la capa superior de la atmósfera se enfriará, provocando cambios en los patrones climáticos.

La primera medida en contra de los CFC se adoptó en 1978, cuando se prohibió en Estados Unidos su utilización en aerosoles no esenciales. Poco a poco, otros países siguieron el ejemplo, en especial a partir de octubre de 1987, cuando algunas partes de la baja estratosfera sobre la Antártida quedaron prácticamente despojadas de todo su ozono. Está pendiente de ratificación un acuerdo de las Naciones Unidas para suprimir por completo el uso de CFC para finales de siglo.

Pero los CFC pueden permanecer en la atmósfera, desprendiendo cloro y destruyendo ozono, durante más de cien años. Sólo el tiempo nos dirá si las medidas internacionales se han adoptado con la suficiente rapidez como para evitar una reducción generalizada de la capa de ozono. Parece que, en el conjunto del planeta, aún no se ha alcanzado el nivel crítico que provocaría una reducción importante del ozono, pero en 1989 se advirtieron indicios de que ya se ha alcanzado este umbral en el Ártico. Y la atmósfera todavía puede reservarnos algunas sorpresas.

La faz de la Tierra

La visión del planeta que tienen los habitantes del mundo industrializado presenta un desconcertante «punto ciego». Este defecto visual consiste en una curiosa desconexión entre nuestra conciencia potencial y nuestra conciencia real de los misterios y maravillas del mundo que nos rodea. Existe un abismo entre las posibilidades y la realidad.

En la última década del siglo XX vivimos en una verdadera «aldea global». La rapidez y facilidad de las comunicaciones por medio de máquinas copiadoras, satélites y redes de televisión de alcance planetario, nos permiten contemplar lo que sucede en la otra punta del mundo, en el momento, a todo color y con sonido estereofónico. Podríamos decir que la sangre derramada en la matanza de Tiananmen, en junio de 1989, salpicó las alfombras de nuestros cuartos de estar. Disponemos de agencias internacionales que supervisan todas las actividades humanas —seguridad, sanidad, comercio, asistencia— a nivel mundial. Nuestro sistema económico está intrínsecamente internacionalizado: si Wall Street estornuda, Londres coge pulmonía doble; una guerra en el Oriente Medio interrumpe la producción de petróleo y los efectos se sienten en todo el mundo, afectando a toda sociedad industrializada.

Las posibilidades son tales que deberían permitirnos adoptar una situación desde la que contemplar el planeta en que vivimos con una perspectiva, amplitud y profusión de detalles sin precedentes. Disponemos de medios para examinar hasta el último rincón de la superficie terrestre. Todos nosotros deberíamos ser geógrafos planetarios natos.

Sin embargo, la realidad es muy distinta. De algún modo, el acceso a imágenes de nuestro planeta tomadas desde fuera parece haber embotado nuestra visión inmediata del mundo. La repetitiva avalancha de noticias internacionales ha atrofiado la precisión que nos permitía distinguir un lugar de otro,

un paisaje de otro. Las encuestas realizadas entre ciudadanos supuestamente bien informados han revelado una preocupante falta de conocimientos respecto a la situación y contexto geográfico de regiones cruciales en el mundo. En 1988, cuando en todos los noticiarios de TV se hablaba de la «guerra de los petroleros» en el golfo Pérsico, pocos estudiantes consultados fueron capaces de localizar tan estratégico golfo en un mapa, y algunos ni siquiera acertaban con el continente.

Es posible que parte de la culpa de esta falta de interés y conocimientos geográficos deba achacarse precisamente a la misma facilidad de acceso a los datos e imágenes. ¿Es posible que, al haber perdido su aura de lejanía e inaccesibilidad, las cuestiones geográficas hayan dejado de interesarnos?

De ser cierto este diagnóstico, un posible antídoto a la enfermedad consistiría en recorrer parajes geográficos que resulten intrínsecamente asombrosos.



El planeta Tierra visto desde el espacio, en toda su belleza, majestad y misterio.

Viajemos con la imaginación a lugares que aún conservan el poder de lograr que la mente científica y racionalista se pare a reflexionar. Recorramos de punta a punta la Gran Fosa Tectónica africana, y no podremos evitar preguntarnos qué fuerzas son capaces de abrir semejante brecha de miles de kilómetros de longitud a través de los continentes. Detengámonos, fascinados y horrorizados a la vez, ante los seductores lagos formados en los cráteres de las tierras altas de Camerún, que pueden matar en cuestión de segundos a miles de habitantes de sus orillas. Visitemos los lugares que encierran misterios geográficos.

La Tierra desgarrada

Vista desde el espacio, la Tierra parece serena y estática, con las formas y posiciones de sus continentes bien establecidas y fijas. Pero en realidad, la corteza terrestre se desgarra a lo largo de la fisura continua más larga del planeta: la Gran Fosa Tectónica africana.

Esta gigantesca cicatriz es uno de los rasgos más sorprendentes y misteriosos de nuestro planeta. Incluye el punto más bajo de la superficie terrestre, está flanqueada por algunas de las montañas volcánicas más altas, contiene algunos de los lagos más grandes del mundo y proporciona una ruta marítima entre Europa y Oriente. Desde su extremo norte, en Turquía, hasta su extremo sur, en Mozambique, mide 6.700 km, casi la quinta parte de la circunferencia de la Tierra.

La fosa comienza en el sur de Turquía y baja hacia el sur, atravesando Siria, Israel y Jordania, donde forma el mar Muerto, el lugar más bajo de toda la Tierra: la superficie de este lago se encuentra a 400 m bajo el nivel del mar, pero su fondo está a 800 m bajo el nivel del Mediterráneo, que sólo dista 75 km. La Fosa Tectónica actúa como una cuenca alargada, a la que fluye el agua, pero de la que casi nunca sale. Debido a las elevadas temperaturas de la zona, el agua se evapora, por lo que muchos de los lagos presentan una gran salinidad.

En el mar Muerto, por ejemplo, el contenido de sal es del 30 por 100, 10 veces superior al del agua del océano. Esta gran densidad permite que una persona flote «sentada» en el agua.

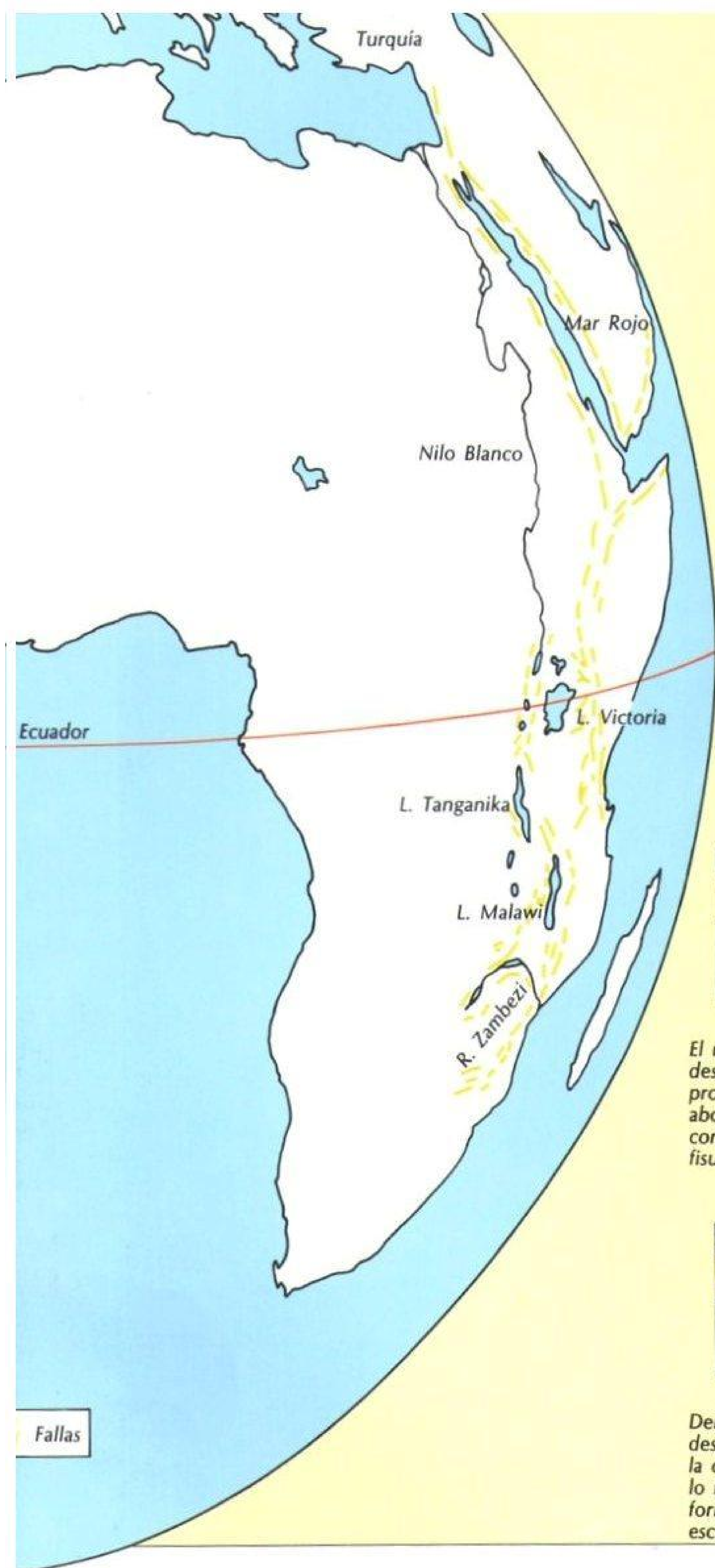
Desde aquí, la fosa continúa hacia el sur hasta Elat, a unos 800 km de su punto de origen. En este lugar la invade el océano, y recorre toda la longitud del golfo de Aqaba y el mar Rojo, antes de desviarse bruscamente hacia el este, entre la península Arábiga y el Cuerno de África.

Habiendo alcanzado ya los 3.000 km de longitud, la fosa se divide en dos ramas, una que sigue el golfo de Adén hasta el océano Índico, y otra que penetra tierra adento hasta



Una de las visiones más extrañas y sorprendentes de la Tierra: el lago Natrón, con sus aguas teñidas de rojo por la proliferación estacional de algas. Grandes espirales de carbonato sódico surgido de las profundidades de la tierra a través de géiseres decoran la superficie, mientras la sosa se acumula en las orillas o flota en bloques que parecen icebergs en miniatura. Sólo los flamencos pueden sobrevivir en este dantesco ambiente, vadeando las aguas alcalinas y filtrándolas con el pico para devorar las algas que constituyen su dieta.

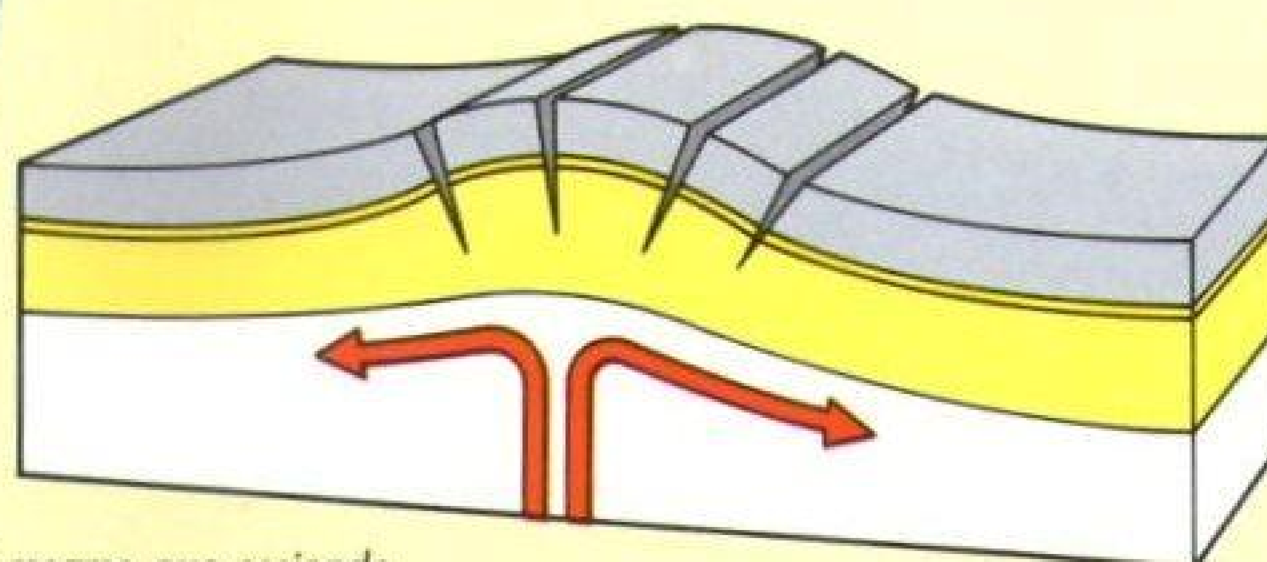




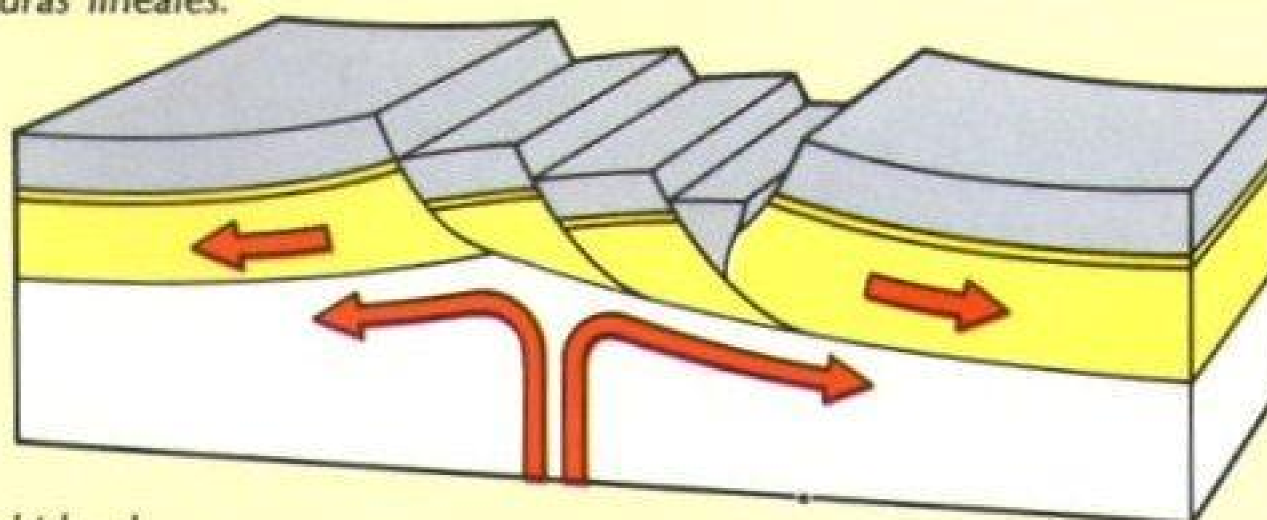
Cómo se forma una fosa tectónica

Aproximadamente a 35 km bajo la superficie de la Tierra existen «puntos calientes», donde las diferencias de temperatura y densidad hacen subir el magma fundido. La fuerza de ascenso es mayor justo encima de la fuente de calor. Al acercarse a la superficie, el magma se desvía hacia los lados, formando corrientes que se mueven en direcciones contrarias.

Estas corrientes provocan una fuerte tensión bajo la quebradiza corteza terrestre, que se agrieta, formando una larga fisura. Por último, la corteza se hunde en esta fisura, dando lugar a una depresión o fosa tectónica.



El magma que asciende desde el punto caliente provoca un abombamiento de la corteza terrestre, con fisuras lineales.



Debido al desplazamiento lateral, la corteza se hunde a lo largo de las fisuras, formando planchas escalonadas.



el Triángulo de Afar. En esta zona, una de las más inhóspitas y con mayor actividad geológica del mundo, se encuentra el punto más bajo de África, la depresión de Danakil.

La grieta sigue bajando a lo largo de los lagos de Etiopía —Ziwai, Shala, Abaya y Chamo— hasta Chew Bahir.

Hasta aquí llegó en 1888 una expedición dirigida por el explorador austrohúngaro conde Samuel Teliki (1845-1916). El conde encontró aquí un lago, al que bautizó con el nombre de Estefanía, archiduquesa de Austria; pero desde entonces, los cambios climáticos —que ya actuaban cuando Teliki descubrió el lago— lo han desecado, transformándolo en una depresión salina (que es lo que significa Chew Bahir) rodeada por altas y misteriosas montañas.

Siguiendo hacia el sursuroeste, la fosa penetra en el norte de Kenia, atravesando una región llamada Kino Sogo, donde corta las capas de lava depositadas por los volcanes desde hace quince millones de años. Al suroeste de Kino Sogo se encuentra el lago Turkana, que el conde Teliki llamó lago Rodolfo, en honor de su príncipe; pero Jomo Kenyata, primer presidente de Kenia, decidió luego que se lo rebautizara con el nombre del pueblo guerrero que habita esta parte del país.

El lago Turkana tiene, además, un sobrenombre: Mar de Jade.

Si uno se acerca por el sur, como hizo Teliki, el lago presenta efectivamente la coloración verde opaca propia de dicha piedra, debido a las grandes cantidades de algas que flotan en sus aguas.

Siguiendo hacia el sur, la fosa forma otro de los «pozos del infierno» que existen en la Tierra, el valle de Suguta, uno de los lugares más inaccesibles de África oriental.

Cerca del lago Assal, en la depresión de Danakil, se encuentra el punto más bajo de África, a 155 m bajo el nivel del mar. Se trata de un antiguo paisaje, increíblemente seco y caluroso, con rocas muy erosionadas y grandes sedimentos salinos. Sin embargo, aún sigue cambiando, habiendo experimentado en los últimos tiempos más actividad volcánica que ninguna otra parte de la Gran Fosa Tectónica.

Los cristales de azufre formados en erupciones volcánicas de tiempos pasados introducen curiosos toques dorados en este extraño paisaje desértico.



El fondo del mundo

Aunque ahora se encuentra separada del mar Rojo por una barrera de tierra levantada por los movimientos de la corteza oceánica, la depresión de Danakil, en el noreste de Etiopía, no siempre ha sido un territorio seco. El océano ha invadido en varias épocas esta zona, gran parte de la cual se encuentra a 120 m bajo el nivel del mar.

El intenso calor evaporó el agua del mar, dejando sólo llanuras peladas, cubiertas por gruesas capas de sedimentos salinos.

En un territorio tan estéril, esta sal constituye un recurso valiosísimo, que se explota en condiciones terribles, bajo un sol abrasador, y después se transporta a lomos de camello hasta las tierras altas de Etiopía, para venderla en los mercados de Addis Abeba.

En otro tiempo, este valle formaba parte del lago Turkana, pero las erupciones volcánicas levantaron una barrera de sedimentos basálticos que lo separaron del lago. En la actualidad, el valle contiene un lago residual, el lago Logipi, pero la constante evaporación lo mantiene pequeño y muy salado. En Suguta no vive nadie, aunque de vez en cuando sirve de refugio temporal a los bandidos.

Desde el valle de Suguta, la fosa continúa hacia los lagos Baringo y Bogoria. Esta zona no es tan árida como la situada al norte, aunque las precipitaciones de lluvia son muy escasas en toda Kenia. La vegetación se compone principalmente de arbustos espinosos, acacias y varios tipos de gramíneas que, aunque no tienen raíces muy profundas, pueden soportar condiciones de gran sequedad.

A esta altura, la grieta se divide de nuevo. La rama occidental incluye los lagos Mobutu (antes Alberto) y Eduardo. Esta región es más elevada y recibe más lluvia, por lo que en ella crece una vegetación típica de selva tropical.

A continuación, esta rama se desvía hacia el sur, pero queda menos definida hasta llegar al gigantesco lago alargado de Tanganika.

La rama principal, u oriental, de la fosa se denomina Fisura de Gregory, en honor de John Gregory (1864-1932), fisiógrafo y geólogo del siglo XIX. Pasa al oeste de Nairobi, flanqueada por los montes Aberdare y los Ngong, escenario de numerosos enfrentamientos en los años cincuenta, durante la lucha de los Mau Mau por la independencia de Kenia.

A lo largo de esta rama, en el sur de Kenia y norte de Tanzania, se encuentran dos bellos pero extraños lagos, el Magadi y el

Natrón. Los ríos que alimentan estos lagos arrastran grandes cantidades de sales disueltas, procedentes de la erosión de las rocas volcánicas.

La evaporación provocada por la intensa radiación solar ha hecho cristalizar estas sales, entre las que predomina el bicarbonato sódico, y en la estación seca el resplandor de la rugosa superficie blanca resulta deslumbrante.

Después de las lluvias, los lagos quedan cubiertos por una delgada capa de agua, a través de la cual sobresalen los cristales de sosa, que parecen balsas flotando en el mar.

En estas aguas alcalinas sólo viven algas verdes.

Las dos ramas orientales de la fosa tectónica se unen de nuevo en el extremo norte del lago Malawi (antes Nyasa), que ocupa 580 km de su longitud. Pero antes de unirse, los dos brazos de la grieta rodean el lago Victoria, el más grande de África y el segundo lago de agua dulce más grande del mundo, que ocupa una cuenca en forma de plato con una superficie aproximada de 69.490 km^2.

Al sur del lago Malawi, la fosa se adentra en las ondulantes llanuras de la meseta de Zomba, para terminar en algún punto de los pantanos del bajo Zambezi, en Mozambique.

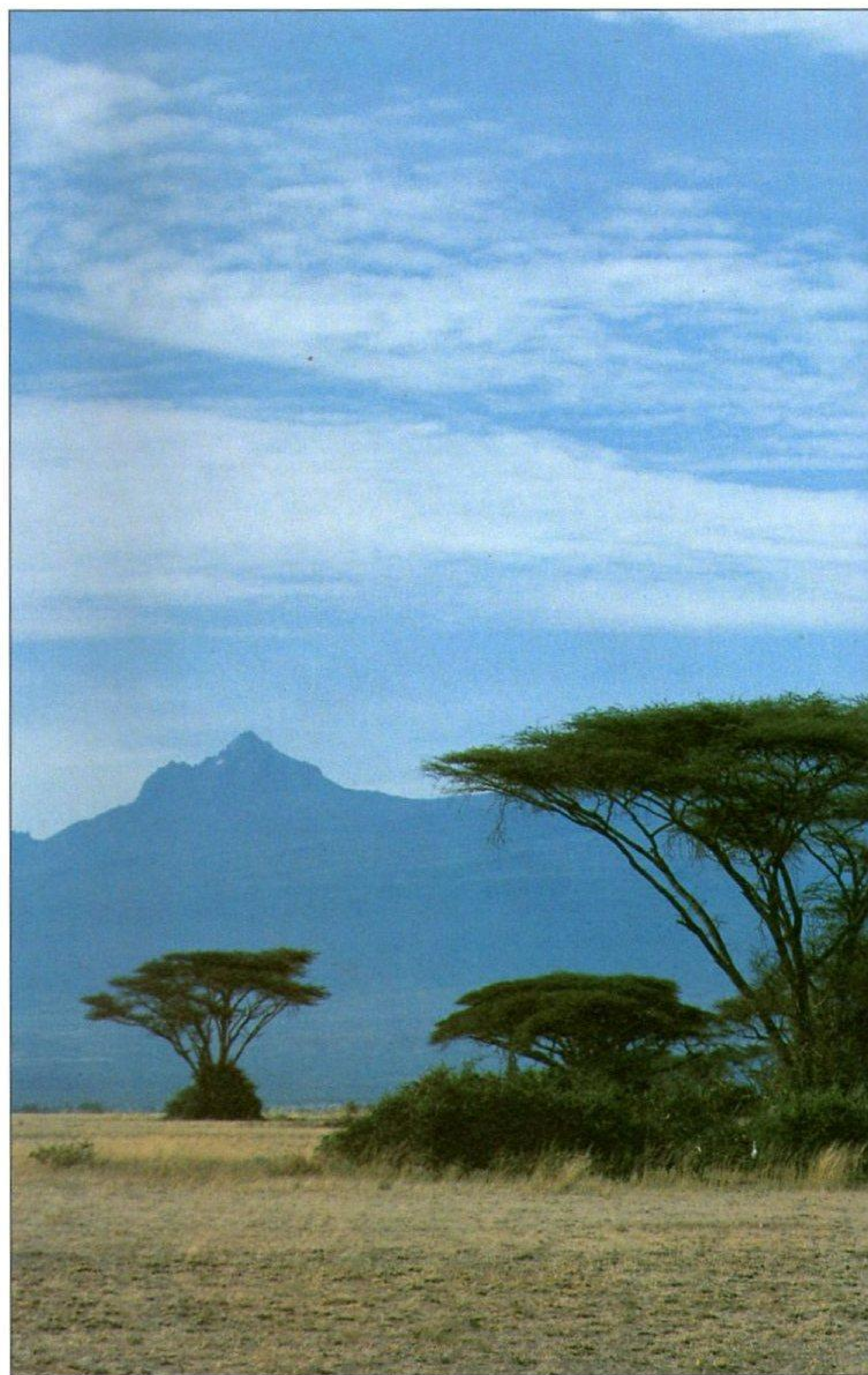
Los valles tectónicos se forman sobre «puntos calientes» de las profundidades de la tierra, por lo que muchas veces, aunque no siempre, van acompañados de erupciones y otras actividades volcánicas. Este es el caso de la Gran Fosa africana.

Varios volcanes gigantescos jalonan el paisaje africano. En Tanzania, la parte central y hundida del volcán extinguido de Ngorongoro se ha convertido en una reserva natural, ecológicamente aislada de las praderas que la rodean.

Más al norte se alza el Kilimanjaro, la montaña más alta de África, con 5.895 m de altura y 75 km de lado a lado de la base. Al norte de Nairobi, en la misma rama oriental de la Fosa, se encuentra el monte Kenya, que alcanza los 5.199 m de altura y es el segundo volcán más alto de África.

A diferencia del Kilimanjaro, ya está extinguido.

Al borde de la rama que puede considerarse como la occidental de la Gran Fosa se alza el macizo de Ruwenzori, de naturaleza no volcánica, con numerosos picos que superan los 4.800 m de altitud.



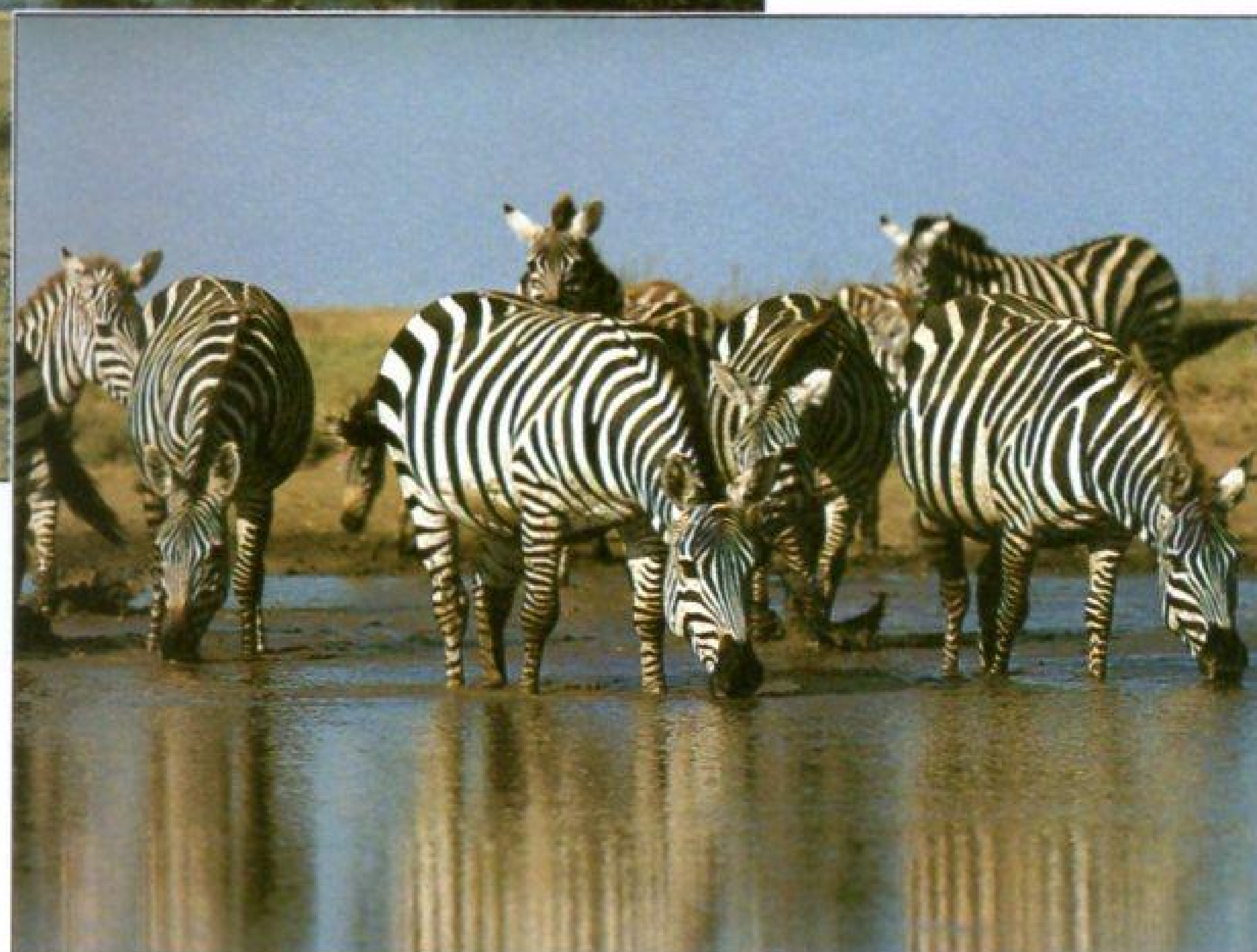
A lo largo de su enorme longitud, la Gran Fosa Tectónica atraviesa 20 estados; contiene algunas de las montañas más altas del mundo y varias de las depresiones más bajas de la Tierra; forma algunos de los paisajes más espectaculares del mundo y sirve de hábitat a la que es, en verdad, una enorme variedad de vida.

Pero aún más importante es la misteriosa fuerza con que la Gran Fosa está separando los continentes de África y Asia.

En el primero de ellos, el desgarramiento de la corteza terrestre a lo largo de las líneas

La resplandeciente cumbre nevada del Kilimanjaro, el monte más alto de África, domina toda la inmensa sabana y se puede divisar desde 160 km de distancia en cualquier dirección. La forma cónica del monte indica su origen volcánico.

El cráter de Ngorongoro, situado a unos 208 km al oeste del Kilimanjaro, es la caldera de un volcán extinguido, ahora cubierto de ricos pastos que atraen a una enorme variedad de herbívoros: cebras, ñúes, antílopes e incluso una nutrida población de rinocerontes negros.



de falla puede acabar por permitir la penetración del mar.

Dentro de millones de años, la sección costera de África oriental puede haberse desgajado del resto de la masa continental. Así, o de manera muy similar, es como se creó la gran isla de Madagascar, en el océano Índico, hace unos cincuenta millones de años.

Un océano en embrión

El mar Rojo es una delgada franja de agua que divide en dos un desierto que se extiende desde la costa atlántica de Mauritania, en África occidental, hasta el Gobi, en el centro de China. Esta impertinente intrusión, que separa casi por completo los gigantescos continentes de Asia y África, parece insignificante en el mapa. Pero en realidad se trata del precursor de un océano que, con el tiempo, puede llegar a rivalizar con el Atlántico, y que crecerá a expensas de los océanos actuales.

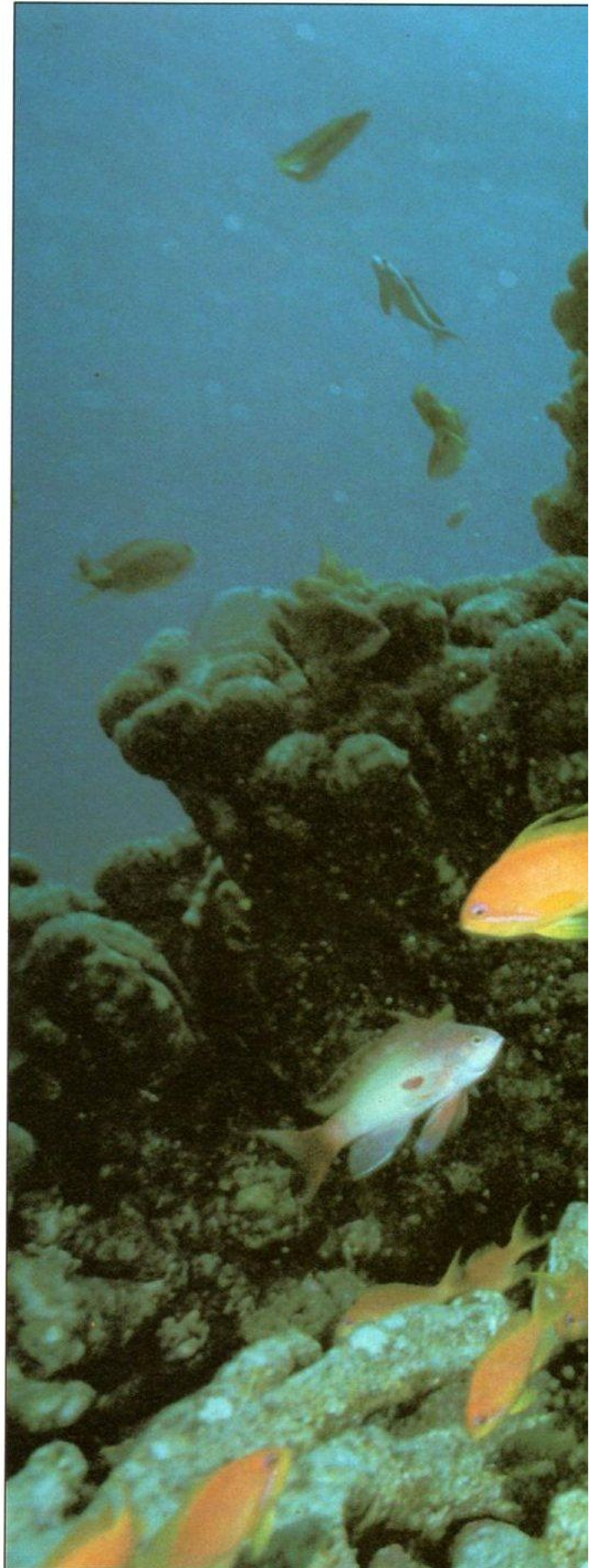
Incluso visto de cerca, este mar con tan misterioso potencial parece carecer de importancia. Al este se extiende la zona más desierta de la península Arábiga, y al oeste los desiertos oriental y nubio de Egipto y Sudán. A pesar de sus 2.000 km de longitud y 260 de anchura, cuenta con pocos puertos, y las tierras que lo rodean presentan las densidades de población más bajas del mundo. En realidad, el verdadero interés del mar Rojo se encuentra por debajo de su superficie.

Hace unos veintitrés millones de años, el mar Rojo empezó a formarse como parte de la gran grieta que corta la superficie terrestre desde Turquía a Mozambique, atravesando África oriental.

Al separarse las placas continentales de África y Arabia, la corteza se hundió entre las placas y, poco a poco, a lo largo de milenios, el agua del mar fue inundando el valle así formado.

La evolución del mar Rojo es un proceso continuo. Sus costados, más o menos rectos, se separan a razón de 1 cm por año, y en su parte más ancha se han separado ya 320 km. Dentro de cien años, el mar Rojo será un metro más ancho; puede que esto no parezca gran cosa, pero para conseguirlo se habrán tenido que desplazar 5×10^{17} toneladas de material de la corteza. Si las placas continentales continúan separándose, el mar Rojo crecerá a expensas del océano Índico, hasta convertirse en un verdadero océano.

Cuando se desgarra la corteza terrestre, el magma surge de las profundidades y el agua lo enfría rápidamente, formando una costra



El mar Rojo es un extraño mundo aparte, aislado de los demás mares excepto por un estrecho paso que lo comunica con el océano Índico y rodeado de desiertos de arenas calcinadas. En sus costas abundan los corales, que por lo general sólo prosperan en aguas ecuatoriales, 2.500 km más al sur. En sus aguas cálidas y saladas viven organismos fantásticos, como este pez ángel, Pomacathus imperator, *con sus franjas amarillas que parecen rayos de sol filtrados del mundo exterior.*



en el fondo del mar. Como si se tratara de una herida en la piel, los nuevos desgarrones en el mismo sitio se llenan con más magma, que forma una nueva costra dentro de la anterior.

Este proceso, conocido como «expansión del fondo oceánico», continúa mientras los continentes se sigan separando. Aunque es posible que la expansión del fondo se haga más lenta e incluso llegue a detenerse, todo parece indicar que el mar Rojo seguirá agrandándose.

La lava que se va acumulando en el nuevo fondo del mar contiene minerales que se han formado en las profundidades de la tierra. Estos yacimientos submarinos de hierro, manganeso, cobre y zinc pueden llegar a resultar muy rentables.

El hecho de que el mar Rojo se encuentre sobre uno de los «puntos calientes» del manto terrestre influye de diversas maneras en la tierra. El principal efecto es la inclinación de las quebradizas placas continentales que bordean el mar hacia el lado contrario a la costa, lo cual ha tenido dos consecuencias importantes: la primera, que el mar Rojo no reciba prácticamente ningún aporte fluvial (ni tampoco el golfo de Adén); y la segunda, la elevación de la meseta árabe de Hijaz Azir hasta una altitud de 1.800 m, lo que le permite extraer un poco de humedad de los vientos alisios, que se originan en Asia y suelen escatimar bastante la lluvia. Esto posibilita ciertas actividades agrícolas en una península que se caracteriza por su aridez.

La elevada tasa de evaporación en la zona (la pérdida potencial de agua por evaporación en el mar Rojo es de unos 350 cm al año) y la falta de ríos permanentes que desemboquen en el mar podrían significar la desaparición de éste, si no fuera por el agua que recibe del océano Índico.

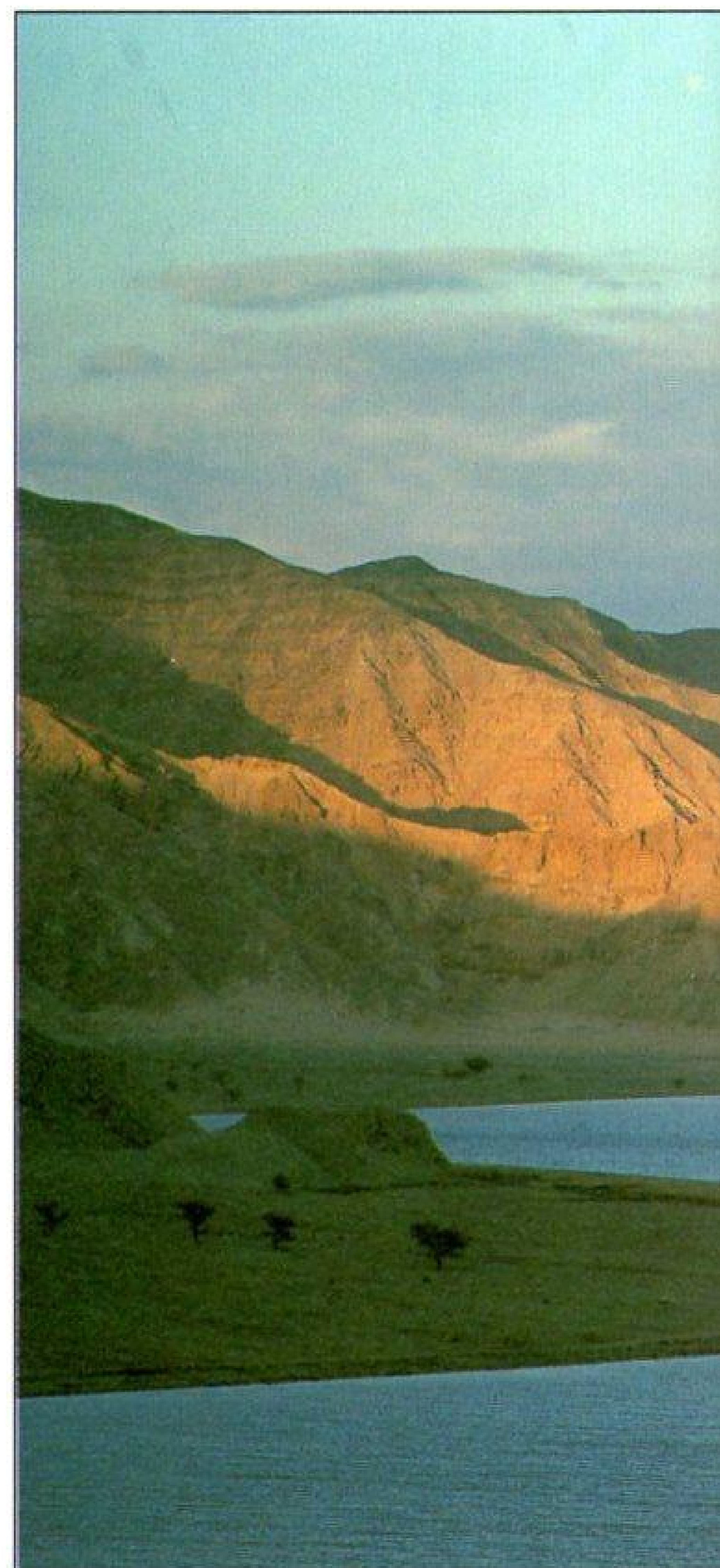
La penetración a través del estrecho de Bab al-Mandab, que forma el «cuello» del golfo de Adén, es formidable: el agua entra a una velocidad media de 25 cm por segundo —medio nudo—, suficiente para compensar las pérdidas por evaporación.

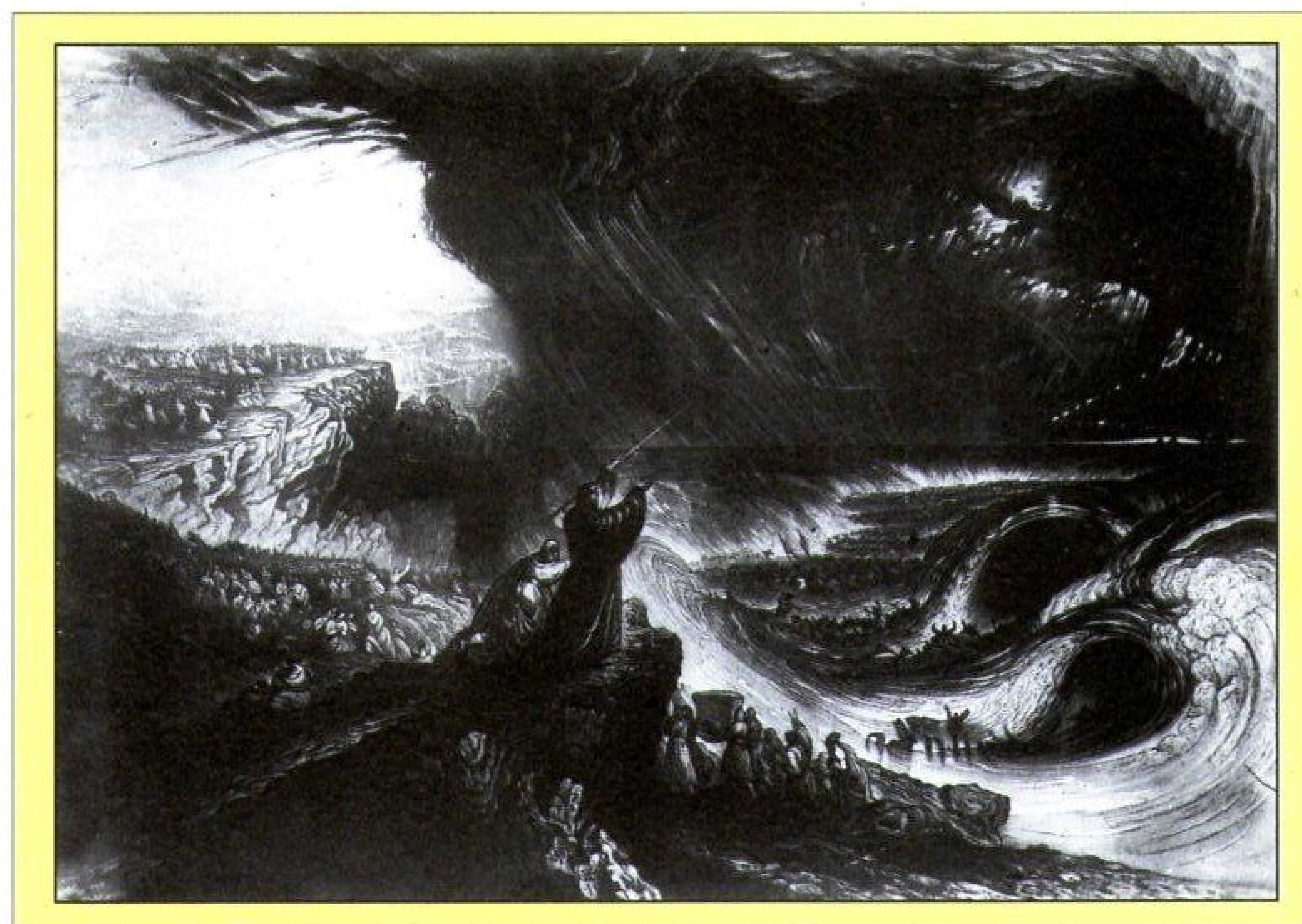
Otro efecto de la intensa evaporación y el insignificante aporte fluvial es el aumento de la salinidad, muy superior en el mar Rojo a la de cualquier océano. En el estrecho, la concentración máxima es de 37 partes por cada mil (3,7 por 100), y va en aumento hacia el norte, hasta alcanzar una proporción de 40 partes por cada mil (4 por 100) junto a la punta sur del Sinaí.

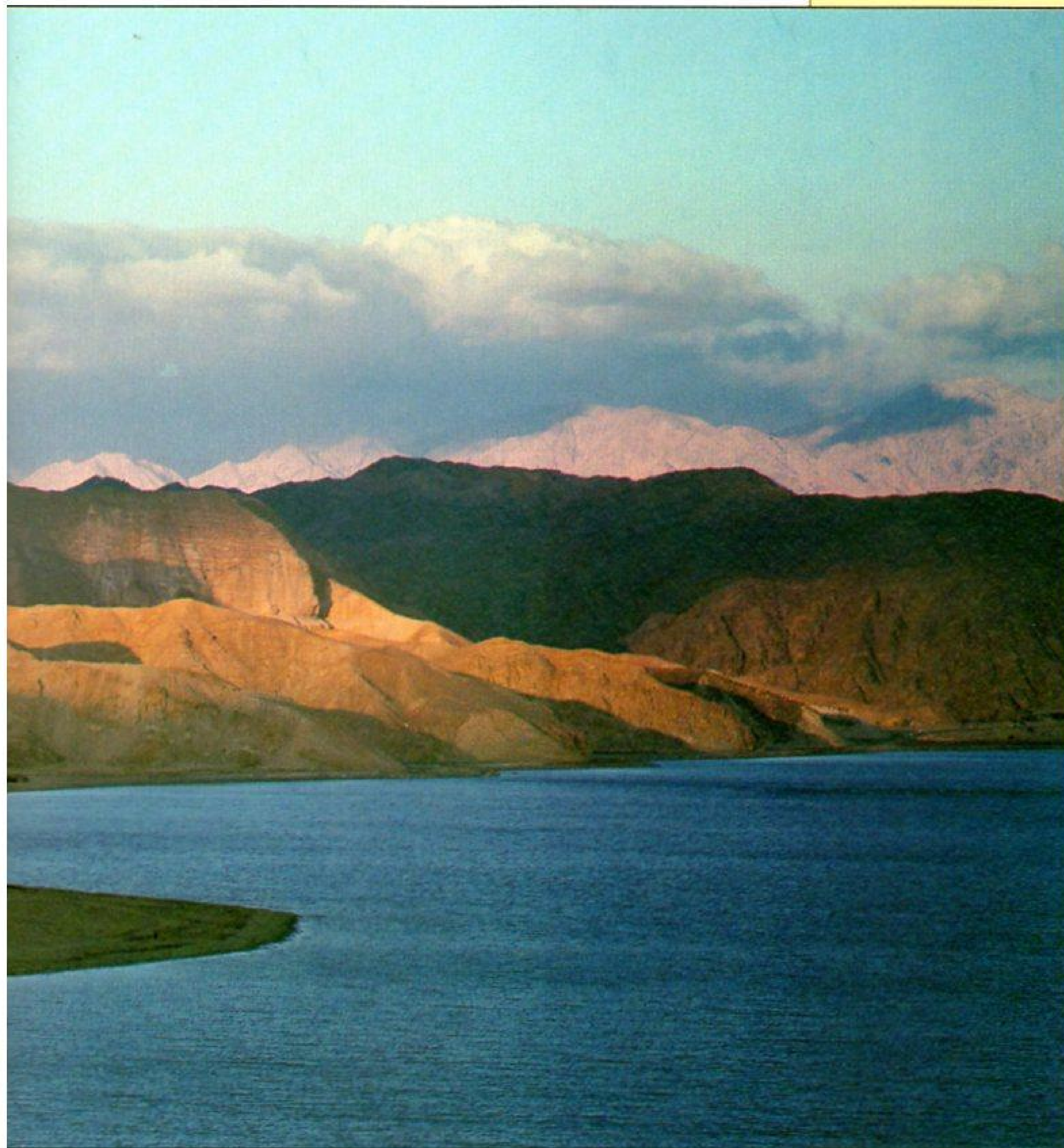
La dependencia del mar Rojo respecto al océano Índico es absoluta pero poco apreciable. En el brazo situado justo al norte del estrecho, la profundidad máxima es de tan sólo 159 m, y no siempre existió esta conexión. En otras épocas, el mar Rojo recibió agua del Mediterráneo, a través de lo que actualmente es el canal de Suez; este paso se abrió y cerró varias veces durante el período mioceno, hace quince millones de años, debido a los choques de la placa continental de África contra la placa más pequeña de la península del Sinaí.

Los ascensos y descensos del nivel del mar durante los dos últimos millones de años, provocados por la expansión y retirada de los bancos de hielo y los cambios de temperatura en el océano, han dejado su marca en las costas del mar Rojo. En los taludes rocosos situados actualmente muy por encima del mar hay arrecifes de coral completamente desarrollados que se formaron en el pleistoceno y han quedado perfectamente conservados gracias a la aridez del ambiente.

Resulta irónico que esta antiquísima franja marina, con todo su trasfondo histórico, parezca destinada a convertirse en el gran océano del futuro.







La escarpada y árida costa de la península de Sinaí no permite sospechar la abundancia de vida que existe en el mar que la circunda. Las corrientes de los estrechos de Bab al-Mandab permiten la entrada de organismos al mar Rojo y dificultan su salida, lo cual ha dado lugar a la evolución en este mar de numerosas subespecies desconocidas en otros. Por ejemplo, hay más de 15 variedades de pez mariposa —Chaetodontidae— que sólo existen en estas aguas.

El enigma del Éxodo

Uno de los grandes misterios relacionados con el mar Rojo es cómo consiguieron cruzarlo los israelitas en su huida del régimen de los faraones egipcios, hacia el año 1220 a. C. Una primera pista la tenemos en el propio nombre del mar, que en hebreo era *yam suph*, «el mar de las cañas», en probable alusión a las marismas que se extienden justo al sur de los Lagos Amargos. Es probable que los israelitas cruzaran por aquí, donde existen varios vados, mientras que los egipcios que los perseguían a caballo y en carros debieron quedar atascados en los barrizales.

También es posible que cruzaran por el extremo del golfo de Suez, donde a veces sopla un viento como aquél con el que Dios hizo retirarse las aguas en el relato bíblico, tan fuerte que el mar retrocede lo bastante como para que se pueda vadear el golfo.

La formación del mar Rojo

La apertura del mar Rojo ha seguido un proceso complicado, dividido en varias etapas. Hasta hace cuarenta millones de años, África y Arabia estuvieron unidas. Entre entonces y hace quince millones de años, una fisura continental fue creando una discontinuidad que se extendía desde el golfo de Suez y bajaba a lo largo de la fosa tectónica del mar Rojo, hasta unirse con la fosa de África Oriental *(figura superior).*

Desde hace quince millones de años, esta estructura se ha ido alterando al ampliarse la fosa y ensancharse el fondo del mar *(figura inferior).* Tras la separación de África y Arabia, la falla del golfo de Suez y la fosa de África oriental parecen haber quedado estabilizadas. El mar Rojo es más ancho por el sur que por el norte, y se abre al océano Índico a través de los estrechos de Bab al-Mandab y el golfo de Adén.





Montañas de la Luna

Los primeros europeos que exploraron el continente africano no daban crédito a sus ojos cuando encontraron montañas cubiertas de nieve en el ecuador. Pero las montañas eran bien reales: volcanes gigantes como el monte Elgon (4.325 m) y el Kilimanjaro (5.895), y montañas no volcánicas, como las de Ruwenzori, las que habrían de ser conocidas como las legendarias «Montañas de la Luna».

El gran explorador anglonorteamericano Henry Stanley acampó en 1875 al pie de estas montañas, pero no llegó a ver sus nieves y glaciares, que permanecen ocultos por densas brumas durante trescientos días al año. Hasta 1888 no logró ver los picos nevados, que los nativos de la zona creían cubiertos de «sal».

Stanley las llamó Ruwenzori, una corrupción de la palabra nativa *Ruwenjara,* que significa «La montaña de la lluvia». El nombre resulta apropiado, pues las precipitaciones totales de lluvia, nieve, granizo y nevisca superan los 500 cm anuales.

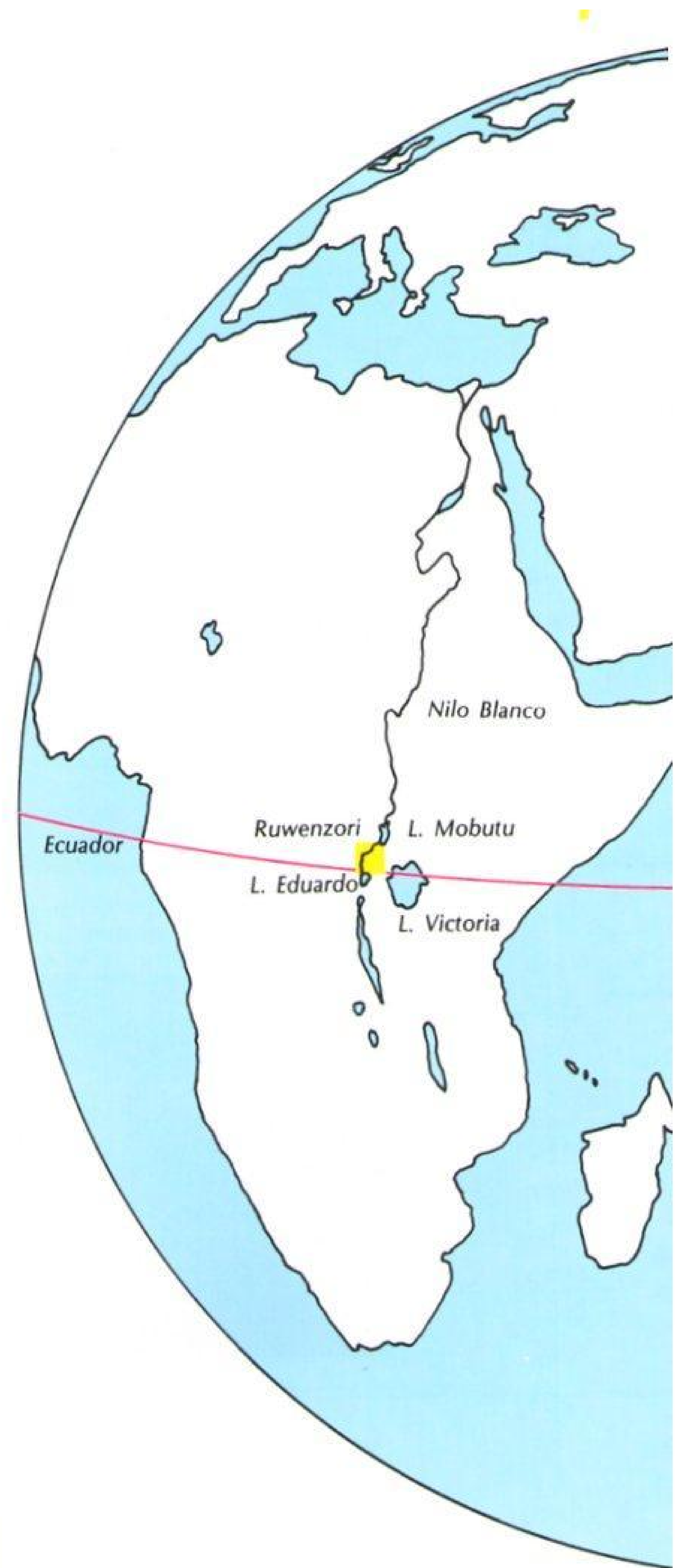
La historia de las «Montañas de la Luna» está estrechamente ligada a la búsqueda de las fuentes del Nilo. El historiador griego Herodoto, que visitó Egipto en 547 a. C., oyó decir que el río nacía en un lago sin fondo situado entre dos montañas puntiagudas. Mucho después, en 50 d. C., el geógrafo sirio Marino de Tiro oyó contar a un mercader griego que, después de veinticinco días de viaje tierra adentro desde la costa oriental de África, había llegado hasta dos lagos y una cadena de montañas nevadas, donde se encontraban las fuentes del Nilo.

En el siglo II, el geógrafo grecoegipcio Tolomeo compendió la información disponible, llegando a la conclusión de que el río tenía su origen en la confluencia de dos arroyos que nacían en dos lagos situados muy al sur y se alimentaban de la fusión de las nieves de una cordillera que se extendía de este a oeste a lo largo de casi 800 km. A estos fabulosos montes los llamó «Montañas de la Luna».

Aunque situó las fuentes del Nilo dema-

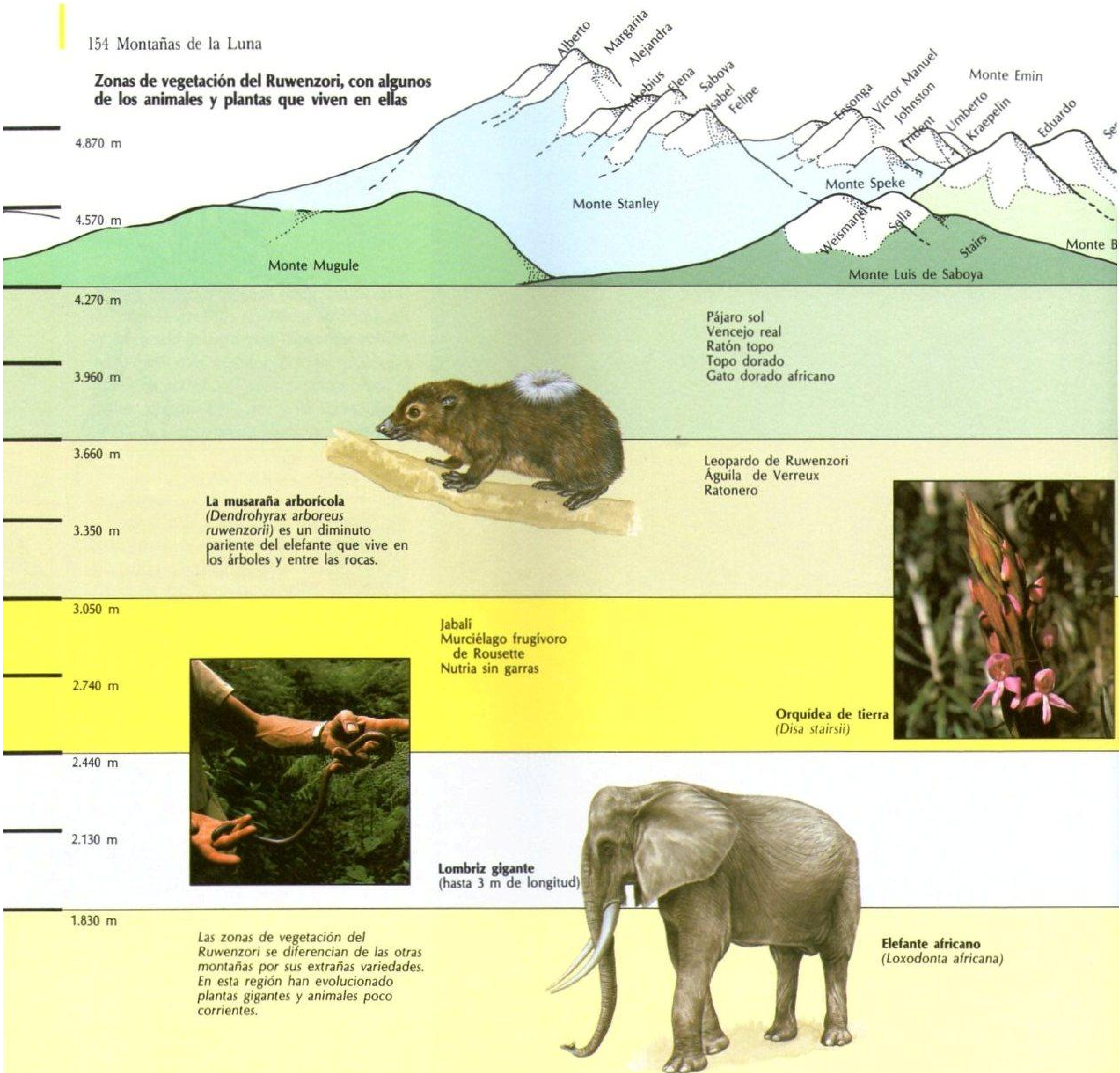


Las distantes y escarpadas laderas del monte Baker, semiocultas por las nubes que rodean sus alturas, como si se tratara del aliento congelado del lago Bujuku. Los habitantes de la zona, pertenecientes al pueblo bakonjo, creen que estas cumbres son la residencia de un gran dios, y sus formaciones de hielo y extraña vegetación asombran a todo explorador que llega a las montañas.



Las Montañas de la Luna se encuentran casi a la altura del ecuador, entre los lagos Eduardo y Mobutu, situados en la rama occidental de la Gran Fosa Tectónica. Son las únicas montañas nevadas que existen en África al sur del Atlas. Sus lluvias torrenciales alimentan los manantiales que dan origen al río Nilo.

Zonas de vegetación del Ruwenzori, con algunos de los animales y plantas que viven en ellas



La musaraña arborícola *(Dendrohyrax arboreus ruwenzorii)* es un diminuto pariente del elefante que vive en los árboles y entre las rocas.

Orquídea de tierra *(Disa stairsii)*

Lombriz gigante (hasta 3 m de longitud)

Elefante africano *(Loxodonta africana)*

Las zonas de vegetación del Ruwenzori se diferencian de las otras montañas por sus extrañas variedades. En esta región han evolucionado plantas gigantes y animales poco corrientes.

siado al norte, Tolomeo no andaba muy descaminado. Sus dos lagos se pueden identificar como el Victoria y el Mobutu (antes Alberto), y sus Montañas de la Luna coinciden aproximadamente con el Ruwenzori.

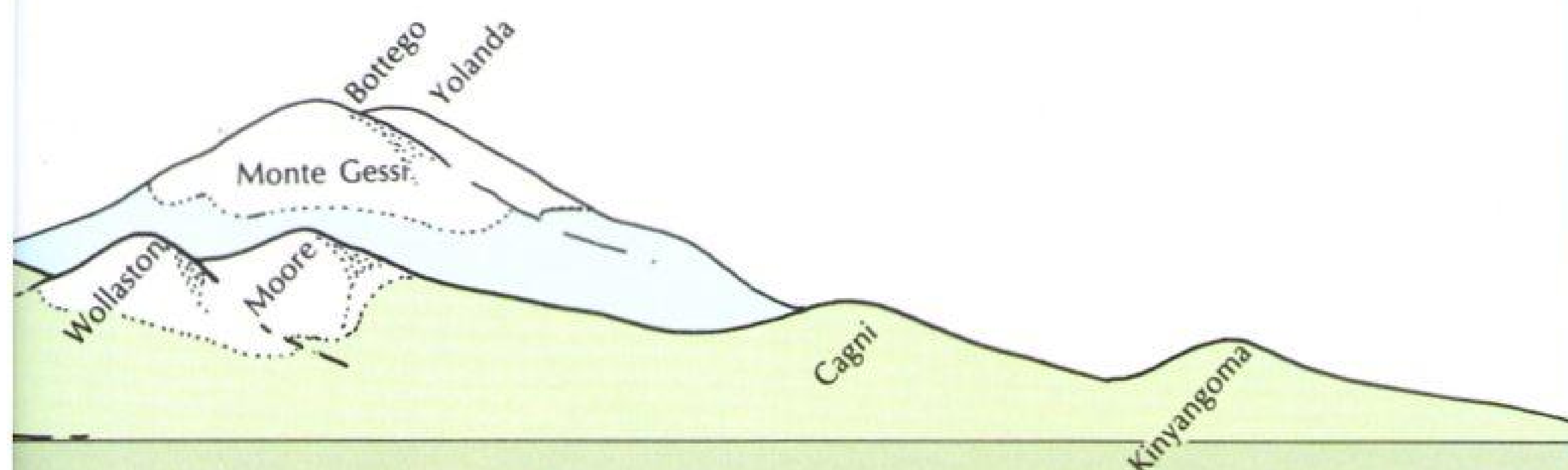
El Ruwenzori es uno de los lugares más inaccesibles de la Tierra. Se encuentra en el centro de África oriental, en la frontera de Uganda con Zaire, unos 48 km al norte del ecuador, entre los lagos Eduardo y Motubu. Aunque a veces aparece descrito como una cordillera, en realidad se trata de un único y enorme macizo de 120 km de longitud y 48 de anchura máxima, con cuatro cumbres principales: los montes Speke, Stanley, Baker y Luis de Saboya.

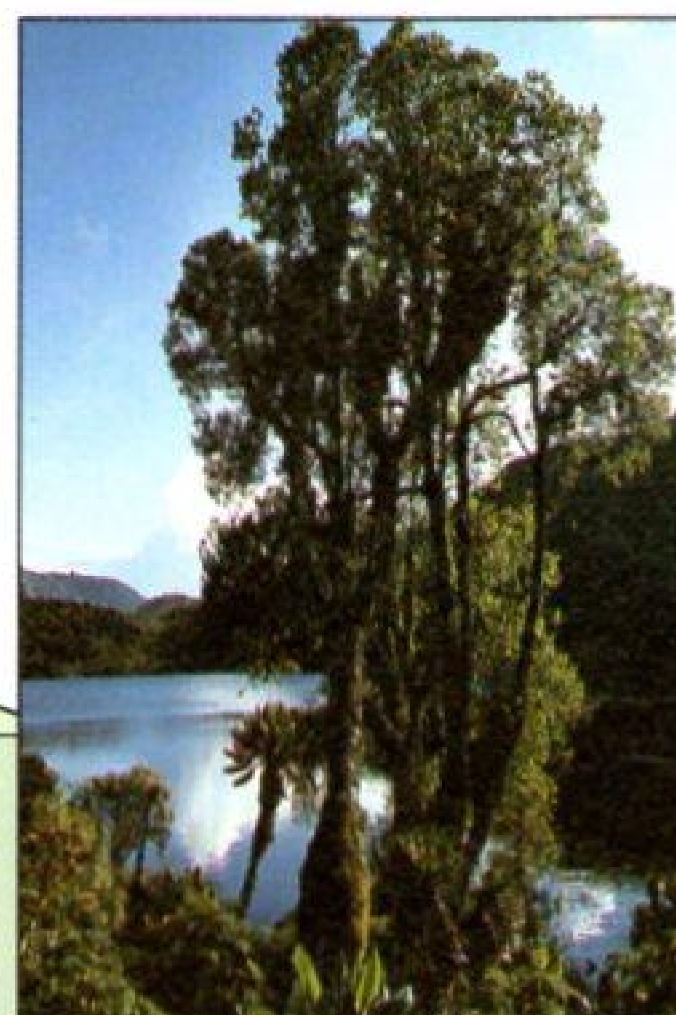
Un poco más al norte se alzan los montes Emin y Gessi.

El pico más alto es el Margarita, con 5.109 m, y existen otros ocho que superan los 4.870 m. Las cimas están separadas por cañones de cientos de metros de profundidad, excavados por ríos que los recorren con la fuerza de un torrente. La corriente principal es el río Mobuku, que nace en el sur, cerca del monte Luis de Saboya, y corre hacia el este, hasta unirse con el río Bujuku, que viene del noroeste.

En la actualidad, la zona cubierta de nieve no mide más de 16 km de diámetro, aunque en otras épocas era mucho más extensa.

El macizo se formó a consecuencia de movimientos de la tierra relacionados con la Gran Fosa Tectónica. Se trata de un bloque de falla, una sección del antiguo suelo del continente africano, formado por rocas de la





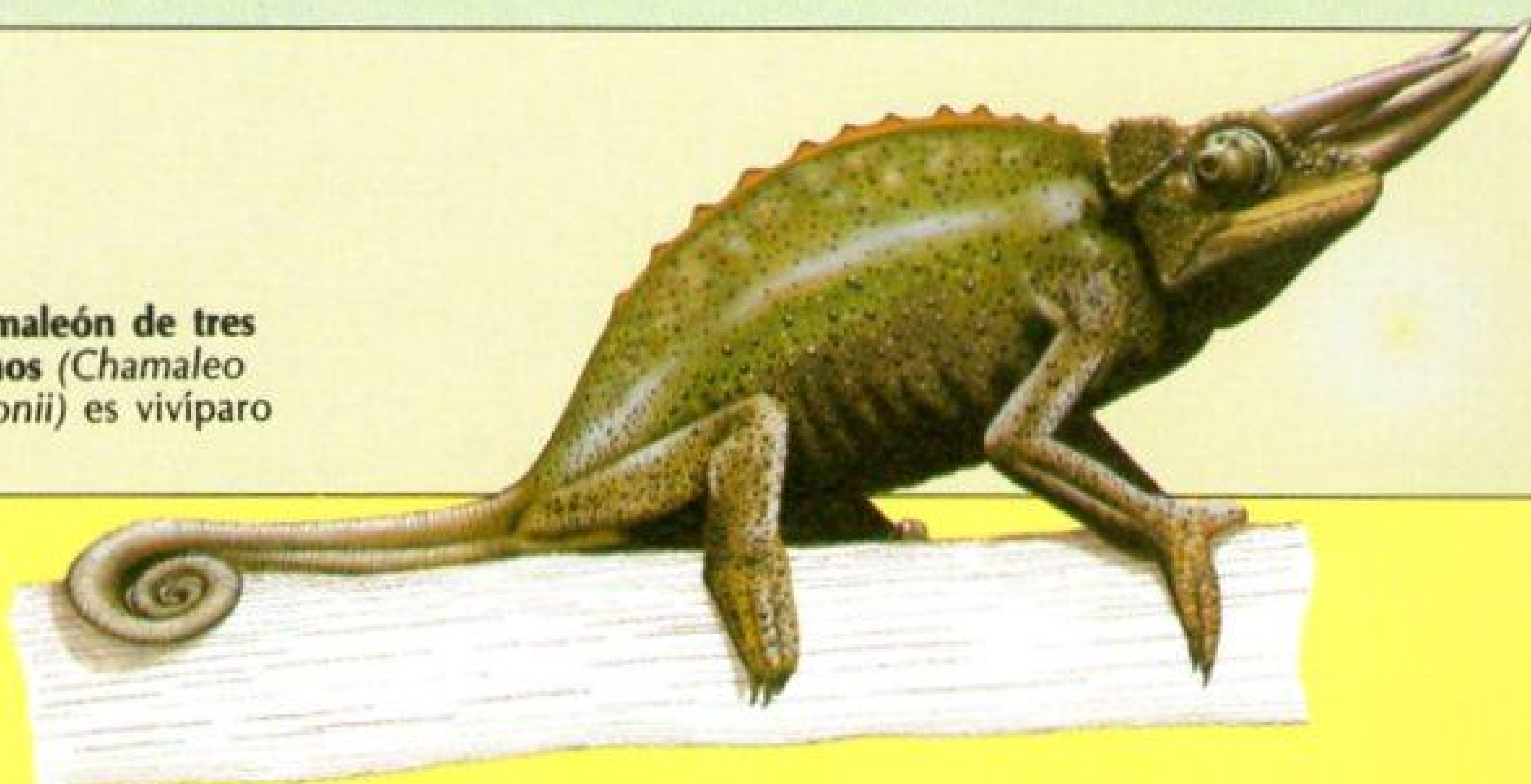
Musgos
Líquenes
Cuervo cuelliblanco

Pelado

Helichrysum sp.
Senecio adnivalis
Senecio longeligulatus
Lobelia becquaertii
Lobelia wollastonii
Alchemilla sp.

La planta de San Juan *(Hypericum becquaertii)* crece hasta el tamaño de un árbol, con flores amarillo-anaranjadas del tamaño de un tulipán.

Bosque alpino



El camaleón de tres cuernos *(Chamaleo jacksonii)* es vivíparo

Brezos arbóreos
Líquenes barbudos *(Usnea)*
Musgo *Sphagnum*
Madama *(Impatiens runsorrensis)*
Carex runsorrensis
Rapanea

Lobelia stuhlmanni
Helichrysum sp.
Árboles *Hagenia*
Violetas silvestres
Apio silvestre
Plantas arbóreas de San Juan

Chaparral

Bambú de montaña
Mimulopsis sp.
Lobelia gibberoa
Orquídeas arbóreas
Zarzamora de Ruwenzori
Aro de Ruwenzori

Bambú

Búfalo de bosque
Colobo de Ruwenzori
Turaco de Ruwenzori

Hedionda roja
Podocarpus falcatus o árbol amarillo
Bananos silvestres
Helechos arborescentes
Begonias
Madamas, *Impatiens* sp.

Bosque montano



Árbol del coral *(Erythrina sp.)*

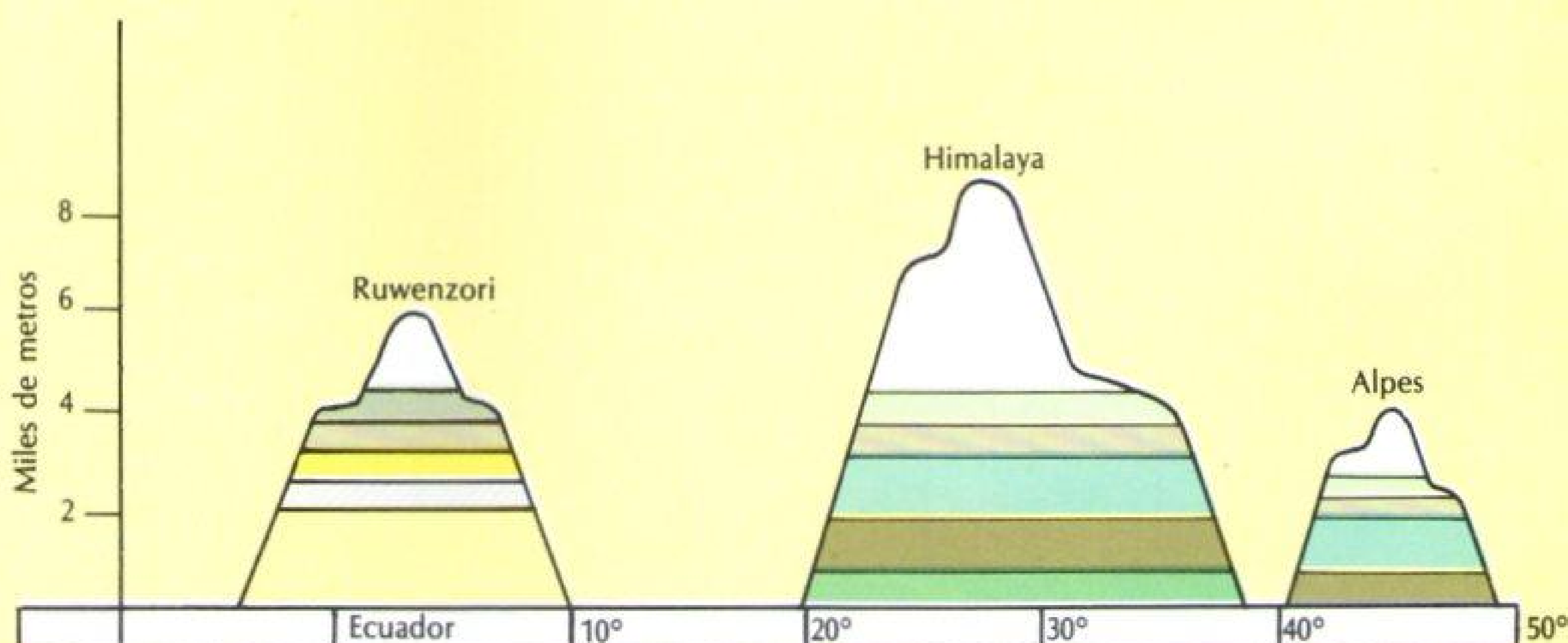
Pennisetum sp.
Acacias
Delonis regia
Palmera datilera

El clima cambia de manera similar con el aumento de altitud y con el desplazamiento a altas latitudes. Así, en las montañas del ecuador la vegetación cerca de la cima es del tipo alpino o tundra, lo mismo que en los Alpes y el Himalaya.

Sabana

era arqueozoica que se han levantado entre grandes fallas o fracturas de la corteza terrestre. Una elevación posterior curvó los estratos de granito en un enorme arco o anticlinal, que se hunde en la tierra a los lados del macizo.

Las empinadas laderas occidentales descienden hasta el río Semliki, afluente occidental del Nilo, en la sección central de la Gran Fosa Tectónica. La ladera oriental desciende con más suavidad hasta unirse con las tierras altas de Uganda.



El Ruwenzori es un lugar único en el mundo: no sólo incluye la única cadena de picos cubiertos de nieve que existe en África al sur del Atlas, sino que posee una flora de lo más peculiar en sus laderas y una extraña fauna a sus pies.

En parte, ésta es una consecuencia del período glacial, pues aunque la actual línea de nieve se encuentra aproximadamente a 4.100 m sobre el nivel del mar, en otros tiempos los glaciares de su cara oriental bajaban hasta los 1.400 m.

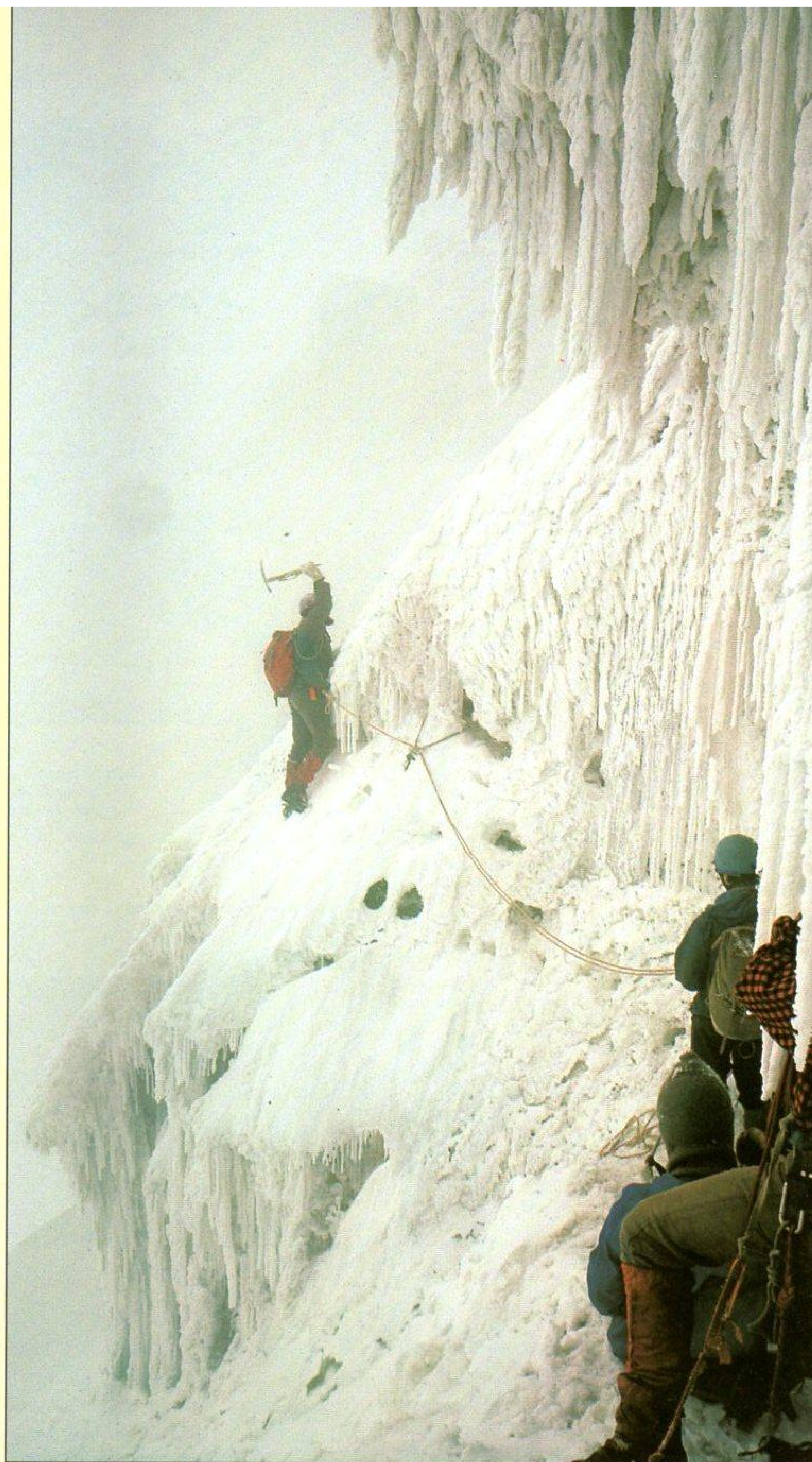
Durante el último período glacial, gran parte de África tenía un clima muy frío, y presentaba extensos territorios cubiertos de senecios gigantes y enormes lobelias, árboles de madera amarilla del género *Podocarpus* y grandes plantas del género *Alchemilla*. En la actualidad, estas formas gigantes sólo sobreviven en laderas montañosas cubiertas de escarcha y envueltas en niebla.

Como consecuencia, en las laderas del Ruwenzori, entre los 2.440 y los 4.570 m de altitud, existe un «bosque encantado», formado por extrañas plantas gigantes, que en cualquier otra parte son pequeñas e insignificantes.

En sus claros abundan las lobelias, de las especies *Lobelia woolastonii* y *L. beqaertii*, que se alzan como obeliscos verdes hasta más de 3,70 m de altura.

Entre ellas crecen los senecios (*Senecio* spp.), cuyos tallos retorcidos y rematados por hojas puntiagudas parecen escobas de bruja, y hectáreas de siemprevivas (*Helichrysum* spp.), que se extienden como inmensas alfombras doradas, rosas o plateadas. Y más arriba, en los riscos superiores, crecen brezos arborescentes (*Erica arborea*) de hasta 12 m de altura, con sus ramas y troncos cubiertos de musgos y líquenes amarillentos, que prosperan en la constante humedad reinante.

Muchos botánicos opinan que el tamaño gigantesco de estas plantas se debe a la intensa radiación ultravioleta que reciben del sol —al encontrarse en zona ecuatorial y a tan gran altitud—, combinada con la acidez del suelo, rico en minerales. Pero el gigantismo es un fenómeno biológico difícil de explicar, y algunos ecólogos atribuyen el éxito de las especies gigantes de montaña a la falta de competencia por parte de los árboles, cuyos nichos ecológicos han usurpado.



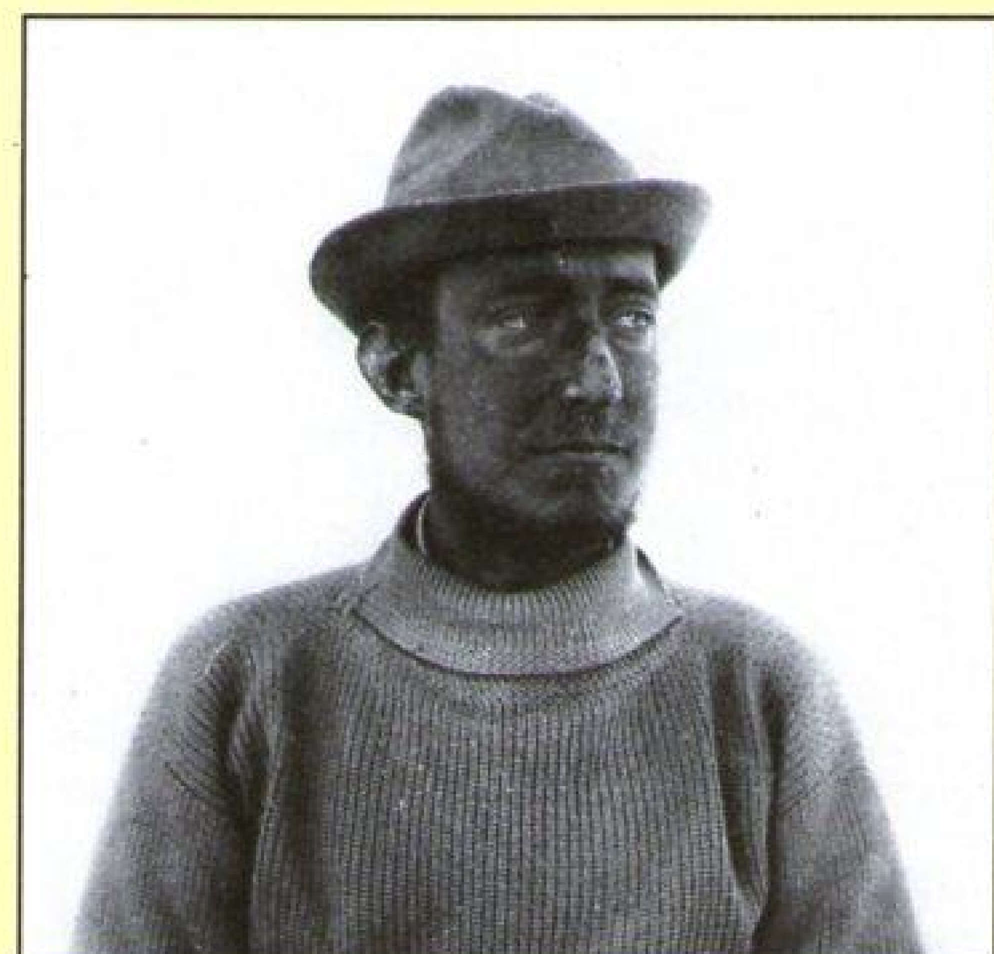
Los primeros exploradores

La primera persona que exploró el Ruwenzori fue el teniente Stairs, ayudante de Stanley. Entre 1889 y 1905, varias expediciones realizaron escaladas parciales. En 1891, el alemán F. Stuhlmann llegó casi hasta la línea de nieve, y fue el primero en darse cuenta de que el Ruwenzori estaba formado por varias montañas y describió las distintas zonas de vegetación. En 1985, el naturalista G. F. Scott Eliott descubrió la ruta del este al valle de Mobuku, que es la más utilizada en la actualidad.

Pero en 1906, aprovechando una racha de tiempo excepcionalmente bueno, una expedición bien equipada, dirigida por el duque de los Abruzos, famoso deportista y explorador italiano, consiguió escalar todos los picos principales en sólo seis semanas. Esta expedición estableció las bases de todos nuestros conocimientos actuales y dibujó un mapa a escala 1:50.000 que todavía resulta útil.

Como los pueblos que habitan la zona no tenían nombres para designar los picos, el duque los bautizó con los nombres de famosos exploradores y científicos, anteriores escaladores, personajes de las familias reales italiana e inglesa, y miembros de su propio equipo.

El príncipe Luis de Saboya, duque de los Abruzos. Fotografía tomada por el italiano Vittorio Sella, que acompañó al duque en su expedición al Ruwenzori. Las magníficas fotografías de Sella se publicaron en el libro Ruwenzori *(1908), crónica de la expedición escrita por Filippo de Filippi.*



Por lo general, las expediciones parten de Uganda y ascienden hasta el lago Bujuku, a 3.900 metros de altitud. Esta es la ruta que conduce al interior del macizo. Desde aquí, los expedicionarios tienen que abrirse camino a través de una jungla de siemprevivas y hierbacanas gigantes, hasta llegar a los picos nevados.

Las montañas del Ruwenzori están coronadas por extrañas formaciones de hielo, como las que se ven a la izquierda, correspondientes al glaciar Coronación, situado entre los picos Isabel y Saboya. Bajo el intenso sol ecuatorial, el hielo forma grandes cornisas redondeadas, decoradas con gigantescos carámbanos que ocultan la entrada a profundas cuevas de hielo.

Entre 1900 y 1901 se llevaron a cabo cinco expediciones, que apenas aportaron nueva información sobre las montañas y su extraña flora. Y en 1905, el primer intento de coronar los picos, realizado por un equipo de montañeros, fracasó por completo debido al mal tiempo.



Por encima del bosque de brezos, las cimas del Ruwenzori no son puntiagudas ni escarpadas, sino más bien protuberancias redondeadas, cubiertas por pequeños casquetes de hielo, del tipo que en los Alpes se denomina glaciar secundario.

Los costados de los picos más altos, sobre todo en el monte Stanley, presentan amplias cornisas a modo de aleros, sostenidas por columnas de hielo.

Fantásticas cortinas de carámbanos de hasta 15 m de longitud, que oscilan con la más ligera brisa tintineando como cascabeles, forman innumerables grutas de hielo en las empinadas laderas de la cara este del monte Margarita.

Estos gigantescos carámbanos se forman de la manera siguiente: al desaparecer las nubes, la intensa radiación solar derrite rápidamente la nieve y el hielo; pero al caer la noche, con cielo despejado, se vuelven a congelar con igual rapidez.

El clima del Ruwenzori presenta particularidades sorprendentes. Un día típico comienza con un cielo relativamente despejado al amanecer; el sol suele durar hasta las 11 de la mañana, cuando se forman nieblas que ascienden por los valles, y que terminan ocultando las cumbres ya hacia el mediodía.

Durante toda la tarde, aproximadamente hasta las 5, llueve o nieva con gran intensidad, y el cielo permanece oscuro y amenazador. Luego vuelve a salir el sol. Las noches son despejadas, frías y totalmente cuajadas de estrellas.

Pero el tiempo puede cambiar de maneras espectaculares y fascinantes.

Durante la estación lluviosa, el macizo parece atraer las nubes de 160 km a la redonda; tras un breve estacionamiento, las nubes convergen en su centro, provocando constantes relámpagos que descargan en las montañas.

Las tormentas eléctricas, de proporciones descomunales, vienen a durar aproximadamente una hora, tras lo cual comienza a llover con una intensidad increíble.

En otras ocasiones, las montañas generan sus propias nubes, que descienden ladera abajo hasta que, concluida la tormenta, el sol reaparece triunfante, detrás de cuatro o cinco formaciones nubosas de colores diferentes.

Durante siglos, las tribus de la región han temido al Ruwenzori. Sus rocas y sus nieves, sus lluvias torrenciales y el ímpetu de sus ríos, los rayos y truenos que parece que van a hacer pedazos la montaña..., todo ello les parecía cargado de presagios, y su temor supersticioso les impedía acercarse más allá de ciertos límites.

Según Roger Redfern, director de la expedición británica al Ruwenzori de 1961-1962, ni el mismo Himalaya puede compararse con el Ruwenzori en términos de dificultad del terreno.

En todo el mundo no existe sitio peor para caminar —una combinación de jungla amazónica y alturas alpinas—, e incluso el expedicionario mejor equipado puede quedar semiahogado por la lluvia, inmovilizado por la exuberante vegetación, totalmente perdido en la niebla o atrapado en terroríficos pantanos.

Además del impacto físico que todo esto supone, los exploradores tienen que combatir el letargo provocado por la altitud y la deprimente sensación de amenaza implacable que trasmiten en todo momento las montañas.

Patrick Synge, director de la expedición enviada por el Museo Británico en 1934-

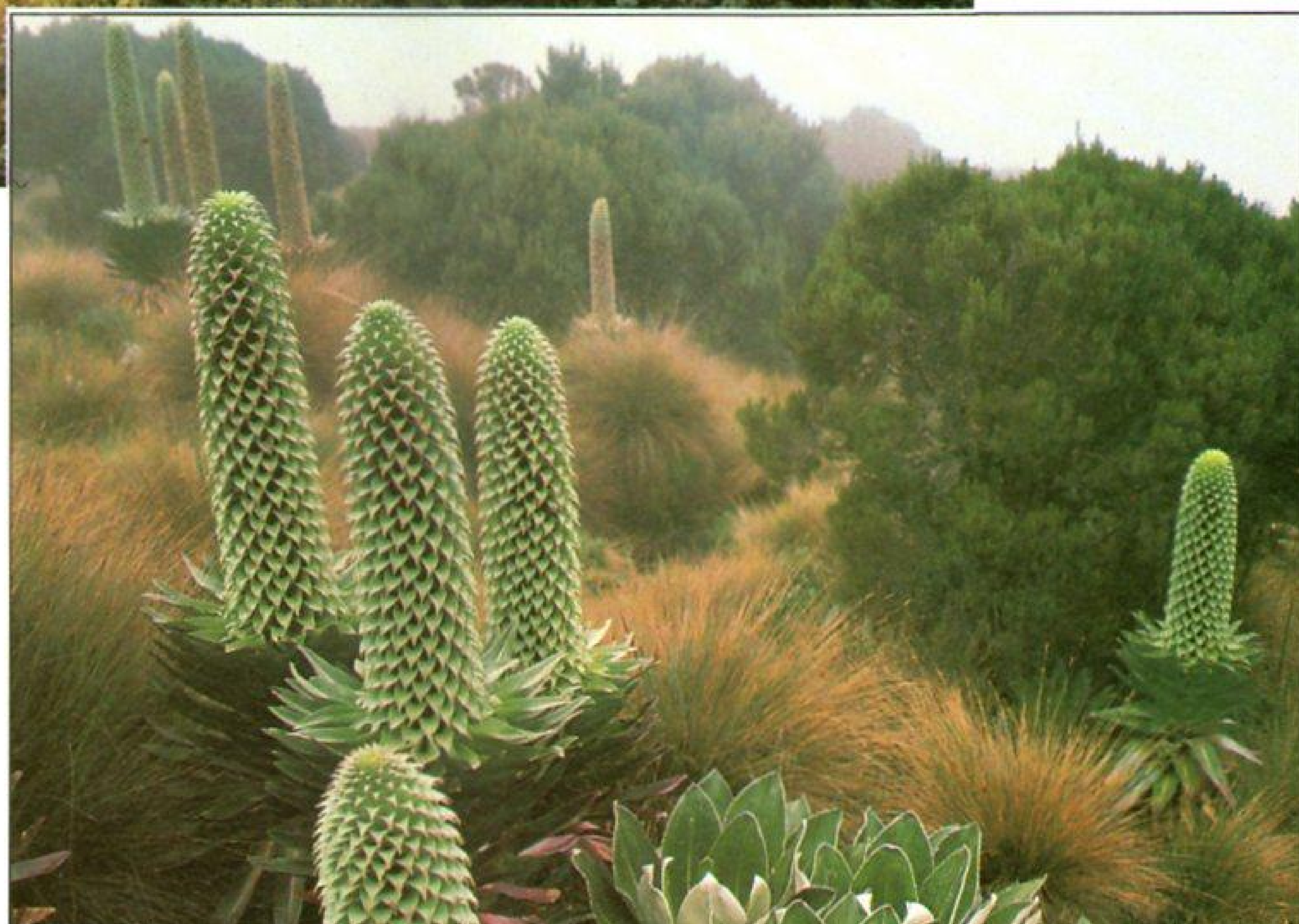
Los brezos arborescentes, versión gigante de la familiar mata, con sus troncos cubiertos de largos filamentos de liquen Usnea, *forman un grotesco bosque entre los 3.000 y los 3.600 m de altitud. Por debajo crece una maraña casi impenetrable de variedades gigantes de otras plantas normalmente pequeñas. Todo ello refuerza la impresión de que este extraño lugar podría ser «una tierra de pterodáctilos y monstruos gigantes».*

Los elegantes penachos de la Lobelia, *cubiertos de largos pelos plateados, crecen a partir de un rosetón de hojas, que por la noche se curvan hacia dentro para proteger el brote central e impedir que se congele. Las matas de juncia —*Carex runsorrensis*— delatan el carácter pantanoso del terreno.*

1935, opinaba que el Ruwenzori es «la única montaña del mundo que tiene algo que decirle al viajero». Creyó notar algo que pudo resumir así:

«Una sensación de personalidad, de cosa viva, que forma parte de la montaña... Aunque el silencio era total, jamás nos pareció que la montaña fuera pasiva. Estaba alerta, vigilando todos nuestros movimientos.»

Y cuando el aventurero cae presa de esa sensación casi mágica de «rareza y misterio, encanto y excitación» que emana de la montaña, ya no puede librarse de su canto de sirena.



Aguas brillantes como joyas

Vista desde el aire, la mayor fractura de la superficie terrestre, la Gran Fosa Tectónica africana, revela algunos de los paisajes acuáticos más extraños y sorprendentes de la Tierra: gigantescas espirales blancas y pardas que giran en un entorno de tinieblas; lagos rojos, cuyo fondo parece un panal de abejas; grandes planchas blancas de sosa flotando en vapor; y enormes bandadas de flamencos rosas aleteando sobre una superficie verde jade. Nos estamos refiriendo a los lagos de sosa de África oriental, una de las muchas variedades de lagos que jalonan la Gran Fosa Tectónica.



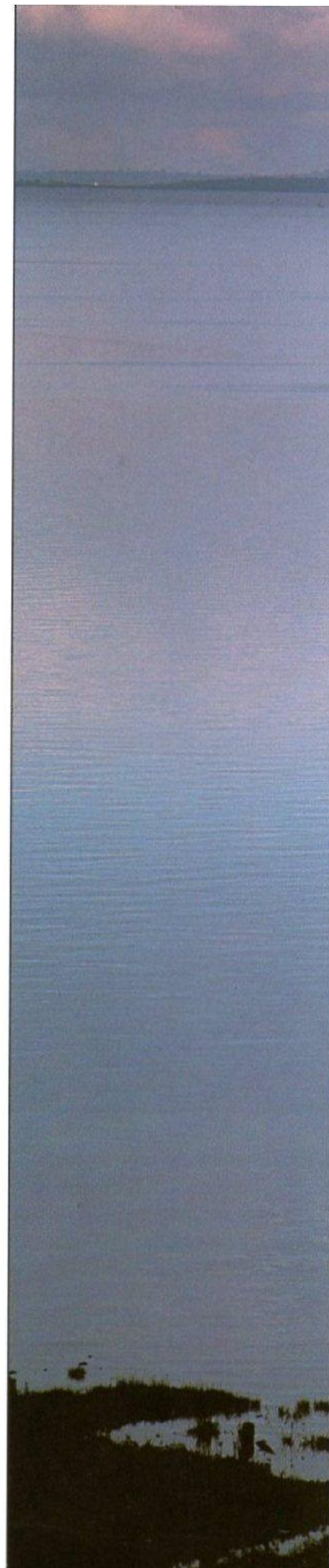
Además de resultar espectaculares, los lagos de África oriental constituyen una palpable configuración del potencial de la naturaleza para poblar cualquier hábitat, por muy inhóspito que parezca, con formas de vida perfectamente adaptadas a las condiciones ambientales.

La cadena de lagos de la Fosa Tectónica se inicia en el norte con los lagos de cráter de Bishoftu, cerca de Addis Abeba, Etiopía. Más al sur, la fosa se divide en dos ramas, occidental y oriental. La rama oriental incluye los lagos Turkana, Nakuru, Naivasha y Natrón, y la occidental los lagos Mobutu (antes Alberto), Kivu, Tanganika y Malawi. En una depresión poco profunda situada entre las dos ramas se encuentra el lago más grande de África, el Victoria.

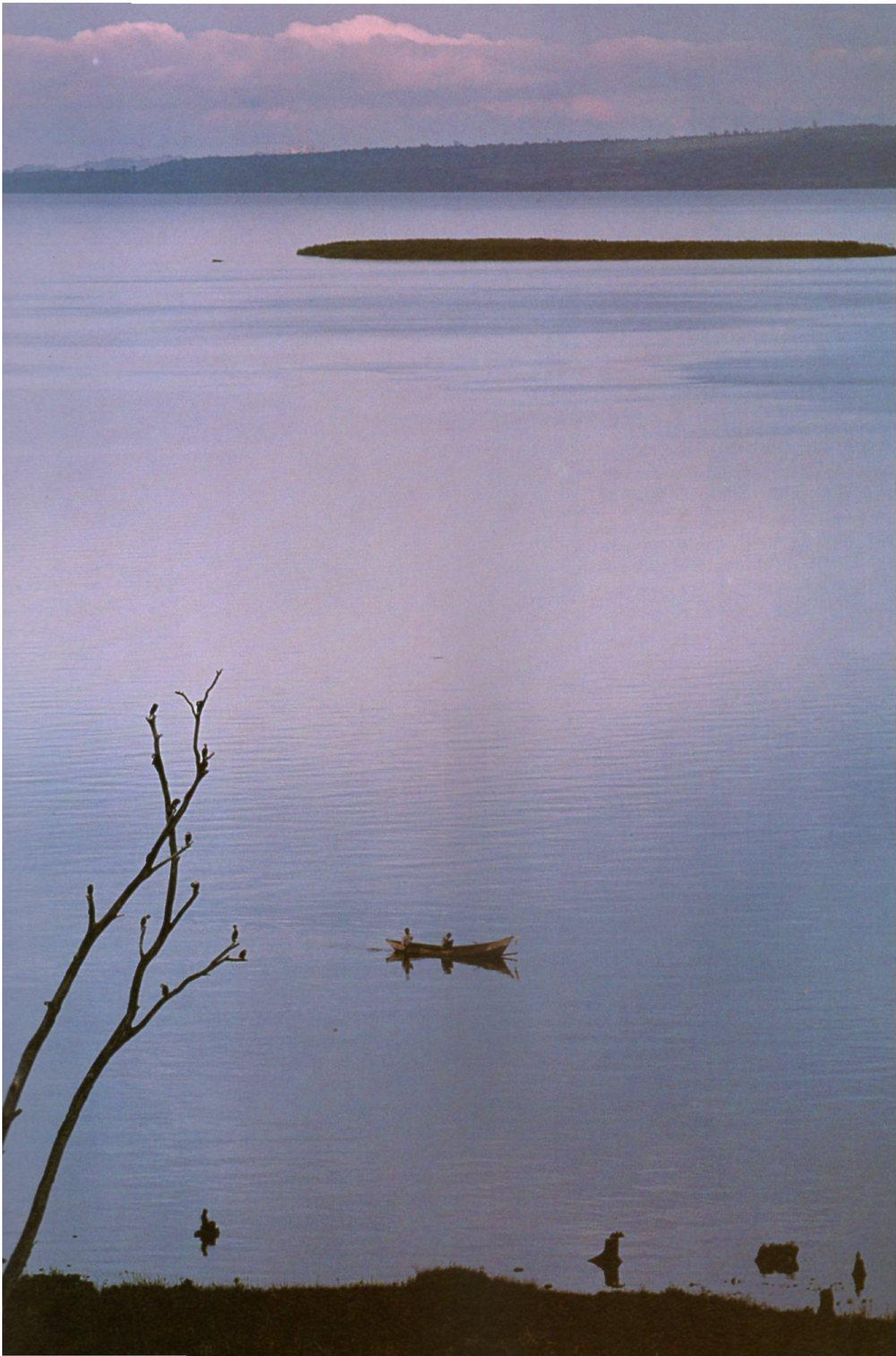
Estos lagos se han formado de cuatro maneras diferentes, pero todos ellos se originaron a consecuencia de los tremendos movimientos tectónicos de la corteza que crearon la Fosa, y de la actividad volcánica que acompañaba con frecuencia a dichos movimientos.

Algunos de los lagos se encuentran en fosas, o secciones lineales de la corteza terrestre que se han hundido entre dos paredes rocosas. Es como si la piedra angular de un portal hubiera resbalado hacia abajo. Cuando se produce un hundimiento de este tipo, las corrientes de agua de la zona suelen desviarse hacia él, formando un lago muy profundo con orillas muy empinadas. Dos

En la rama occidental de la Gran Fosa Tectónica existen lagos profundos, como el Tanganika y el Malawi, mientras que en la rama oriental hay lagos de sosa, como el Magadi y el Natrón. El lago Victoria se encuentra en una cuenca poco profunda, entre los dos brazos de la Gran Fosa.



En las aguas del lago Victoria, cuya extensión es igual a la de Suiza, las misteriosas fuerzas de la naturaleza han hecho evolucionar una increíble variedad de peces cíclidos, muchos de ellos exclusivos de este lago, que nos ofrecen un perfecto ejemplo de la evolución de las especies.



perfectos ejemplos de lagos de fosa son el Tanganika y el Malawi.

El lago Tanganika tiene una profundidad máxima de 1.500 m. Tanto aquí como en el lago Malawi, la gran profundidad ha ejercido un efecto espectacular en las condiciones del agua, que se encuentra estratificada en capas de diferentes temperaturas y densidades. Las aguas superficiales, calentadas por el tórrido sol africano, son menos densas que las aguas frías de las capas inferiores, y permanecen siempre por encima. Las capas profundas están sumidas en absoluta tiniebla, y como no existe circulación entre las capas superiores e inferiores contienen muy poco oxígeno. En consecuencia, no viven en ellas organismos corrientes. Sin embargo, las capas superiores son un hervidero de vida, y mantienen un número sin igual de especies de peces.

El lago Victoria, mucho menos profundo que los lagos de fosa (su profundidad máxima es sólo de 80 m), es lo que los geólogos llaman un lago tectónico. Se formó a consecuencia de movimientos de la corteza que crearon una extensa cuenca a la que afluyeron las aguas de los alrededores. Su poca profundidad permite que las aguas se mezclen constantemente a todos los niveles, de manera que el fondo está oxigenado y recibe algo de luz. En consecuencia, su superficie contiene abundancia de alimento para las aves y los peces.



El lago alberga una extraordinaria diversidad de especies de peces (por lo menos, 200), muchas de ellas pertenecientes a la familia de los cíclidos, típicos de estos lagos. Una sola roca del fondo del lago Victoria puede servir de hogar a varias especies diferentes de cíclidos, que sólo se encuentran aquí; es decir, son «endémicos» del lago. En términos geológicos y evolutivos, algunas de estas especies exclusivas han evolucionado en un abrir y cerrar de ojos.

Por ejemplo, el lago Nabugabo —una pequeña escisión del Victoria— quedó separado del lago «madre» hace tan sólo 3.700 años, al formarse un banco de arena entre ambos. En tan breve espacio de tiempo, en el lago se han desarrollado cinco especies exclusivas de cíclidos, diferentes de todas las que existen en el Victoria.

Una posible explicación de la eficiencia de esta «fábrica de especies» se basa en los cambios climáticos, que pudieron provocar varias desecaciones parciales del lago —recordemos su poca profundidad— a lo largo de los últimos cientos de miles de años, dividiéndolo en numerosos lagos pequeños. Una alternancia de períodos húmedos y secos durante el pleistoceno podría haber provocado estas alteraciones de hábitat. Y cada vez que se producía esta fragmentación, dejaba aisladas a pequeñas poblaciones de peces que, con el tiempo, se habrían adaptado de manera específica a su propio laguito. Cuando el nivel del agua volvía a subir, las distintas poblaciones volvían a entrar en contacto, pero para entonces ya se habían diferenciado lo suficiente como para que las estirpes quedaran genéticamente separadas.

Otros lagos de la fosa tectónica son de los tipos volcánico o salino. Los de tipo volcánico, también conocidos como lagos de sosa, tienen surtidores o géiseres que arrojan carbonato de sodio, el cual forma planchas y espirales sobre la superficie del agua caliente. Los lagos de cráter de Bishoftu, Etiopía, se han formado en los cráteres circulares de volcanes extinguidos o latentes, o en segmentos de un río cuyo curso quedó bloqueado por la lava.

Los lagos salinos se forman cuando disminuyen las lluvias en la zona que rodea a un lago sin desagües naturales. El lago se va reduciendo, y la concentración de sales minerales aumenta a medida que el agua se evapora por efecto del calor del sol. En algunos de estos lagos la concentración de sales puede llegar a ser tan elevada que la mayoría de los organismos acuáticos encuentra dificultades para sobrevivir. En consecuencia, los lagos están habitados por un conjunto de organismos capaces de tolerar la salinidad: bacterias, algas, diminutos crustáceos y gusanos. En ciertos lagos, las bacterias y algas tiñen el agua de extraordinarios colo-



Los cientos de especies de cíclidos que viven en los lagos de África oriental presentan una asombrosa variedad de formas, tamaños y modos de vida. A la derecha, *una pareja de* Lobochilotes labiatus, *especie omnívora de 38 cm de longitud, acompañada de su prole. Esta es una de las 126 especies del lago Tanganika.* Abajo, *el diminuto cíclido ermitaño* Pseudotropheus livingstonii, *una de las 200 especies del lago Malawi, asomado a la boca de la concha de caracol que le sirve de vivienda.*



res. Por ejemplo, en el lago Magadi, de Kenia, las bacterias desprenden óxido de hierro, que ha teñido el fondo de color rojo sangre. Cuando el lago se seca, su fondo escarlata presenta un espectacular trazado de sedimentos salinos hexagonales.

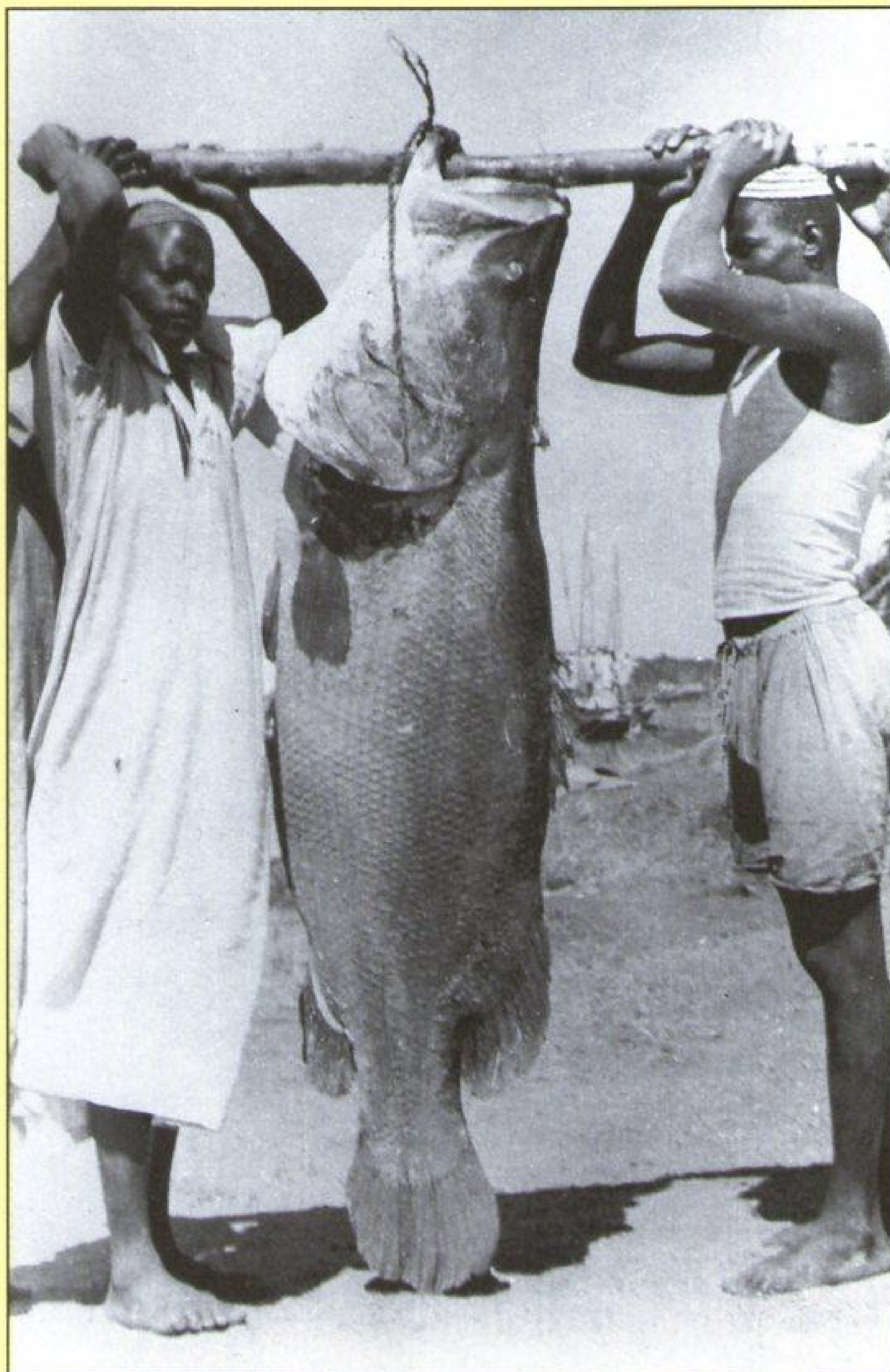
Las formas de vida que, de manera asombrosa, han logrado sobrevivir en estas aguas cargadas de minerales, sirven de alimento a una enorme variedad de animales más grandes. Por ejemplo, los lagos salinos de Nakuru, Naivasha y Natrón son famosos por sus colonias de flamencos, cuyos curiosos picos y lenguas funcionan a manera de cedazo para filtrar partículas alimenticias microscópicas, contenidas en las aguas cargadas de sosa.

Un voraz depredador

El maravilloso ecosistema del lago Victoria se encuentra en grave peligro por culpa de la perca del Nilo, *Lates niloticus.* Este pez depredador fue introducido en el lago hace unos treinta años, con la intención de aumentar la variedad piscícola y ayudar a los pescadores de la zona. Los feroces carnívoros se encontraron de pronto en una gigantesca piscina repleta de cientos de especies de peces, un verdadero paraíso para un depredador. Muy pocos peces residentes se encontraban en condiciones de enfrentarse a la formidable perca del Nilo, y casi todas las poblaciones de cíclidos se encuentran en franco declive, mientras el número de percas del Nilo aumenta sin cesar.

Algunos científicos opinan que la pesca con redes de malla excesivamente fina es la principal causa de la desaparición de los cíclidos del lago Victoria, pero no cabe duda de que la introducción de la perca del Nilo ha acelerado la extinción de especies insustituibles.

El ambiente natural de la perca del Nilo es el tramo superior de dicho río (el Nilo Blanco) y algunos de los lagos que lo alimentan, como el lago Alberto, donde puede alcanzar un tamaño enorme, como lo demuestra este ejemplar capturado en el sur de Sudán. Las cataratas del Nilo Victoria impedían que el pez llegara por sus propios medios al lago Victoria.



Un misterioso canal natural

El canal de Casiquiare conecta los dos grandes sistemas fluviales de América del Sur: el Orinoco y el río Negro, caudaloso afluente del Amazonas. Parece tratarse de un canal natural, el único de su clase que existe en el mundo. Sin embargo, el Casiquiare es más que un canal; es un río por derecho propio, con una serie de peligrosos rápidos y varios afluentes importantes.

El Casiquiare es un fenómeno geográfico e hidrológico único en el mundo, pero su misma existencia ha provocado durante siglos encendidos debates, tanto entre los científicos como entre los exploradores. Se lo descubrió a mediados del siglo XVI, cuando los primeros conquistadores y misioneros llegaban dispuestos a apropiarse de las almas y las tierras de los indios nativos.

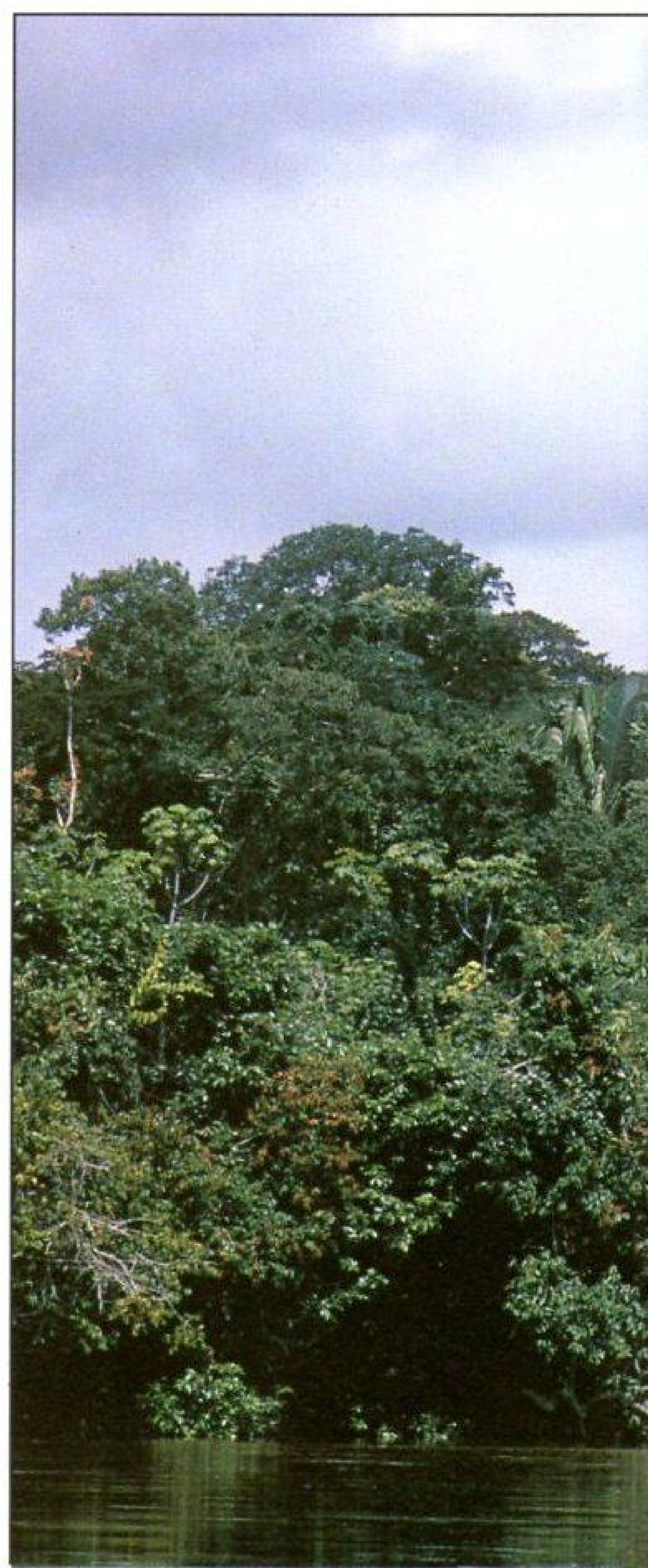
Venían espoleados por la fiebre del oro y las fábulas sobre El Dorado. En 1641, un tal padre Acuña comunicó la existencia de un canal que comunicaba el Orinoco con el río Negro, pero nadie le creyó. Exactamente cien años después, el jesuita español José Gumilla publicó su libro *El Orinoco ilustrado*, que incluía un mapa en el que el Orinoco nacía en los Andes, al oeste, y una gran cadena montañosa separaba dicho río del Amazonas. Gumilla negaba tajantemente la existencia de un canal de conexión.

Luego, en 1744, otro jesuita, el padre superior Manuel Roldán, recorrió el Casiquiare hasta llegar al río Negro, guiado por viajeros portugueses acostumbrados a utilizar el río como ruta de esclavos. En 1745 se comunicó el descubrimiento a la Academia de Ciencias francesa. El padre Gumilla se sintió insultado y publicó una segunda edición de su libro, titulado esta vez *El Orinoco ilustrado y defendido*. En los veinte años siguientes, por lo menos tres expediciones españolas bien documentadas recorrieron el Casiquiare, pero los científicos seguían negándose a creer en su existencia.

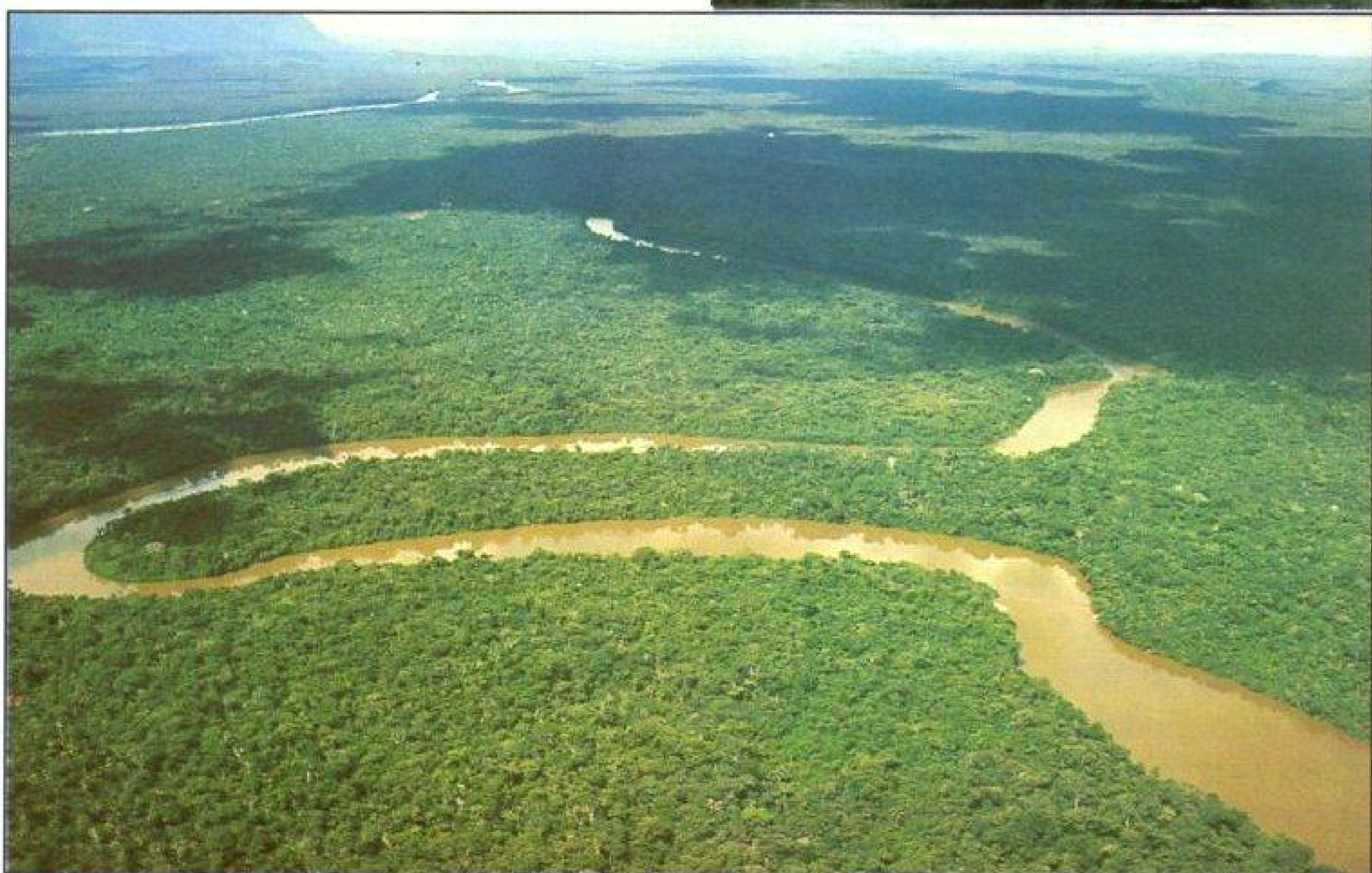
Por fin, en 1800, el padre de la geografía científica moderna, Alexander von Humboldt (1769-1859) zanjó la cuestión, entrando



Zona de la Amazonia (en amarillo en el mapa). Ver la reproducción ampliada en la página 166.



El extraordinario canal de Casiquiare, «una corriente única en el mundo» cuya existencia se negó durante muchos años. Sus aguas amarillentas por la cantidad de cieno que arrastran serpentean a través de la selva tropical, conectando el Orinoco con el sistema Negro/Amazonas.





Los descendientes de los belicosos indios guaicas, que Humboldt encontró cerca de Esmeralda, poseen ya modernas lanchas a motor, pero en aguas poco profundas todavía utilizan canoas tradicionales hechas con un tronco ahuecado. En el siglo XIX *vivían en el Casiquiare unas 25.000 personas; en la actualidad quedan menos de 50.*

en el Casiquiare por el río Negro y remando corriente arriba. Tras diez días de fatigoso viaje contra la turbulenta corriente, llegó al Orinoco.

Humboldt no sólo confirmó la existencia del debatido canal, sino que también desmintió la curiosa creencia de que la corriente cambia periódicamente de dirección, según los niveles del agua en el Orinoco y el Negro en un momento dado. En 1816, Humboldt narró sus experiencias en su obra *Viaje a las regiones equinocciales del Nuevo Continente, realizado de 1799 a 1804.*.

Varias expediciones científicas más recientes han aportado nuevos y valiosos datos sobre el Casiquiare. Por ejemplo, en 1942-1943, un equipo de ingenieros norteamericanos pasó ocho meses estudiando la posibilidad de transportar caucho de los bosques amazónicos hasta las fábricas de material bélico de Estados Unidos, siguiendo la ruta Negro-Casiquiare-Orinoco. Con este tortuoso recorrido de más de 4.000 km pretendían evitar los ataques de submarinos alemanes en el Atlántico.

Al final, el plan no se llevó a cabo, pero tanto esta expedición como la organizada en 1968 por la revista británica *Geographical Magazine* —que se realizó en hovercraft y recorrió el canal en sólo cinco horas y media— revelaron numerosos datos de gran interés que pueden arrojar luz sobre los orígenes del canal.

El cauce del Orinoco presenta una suave pendiente y está cubierto por una gruesa capa de sedimentos arcillosos, arrastrados desde las montañas, que poco a poco lo ha ido elevando por encima del nivel de las tierras circundantes.

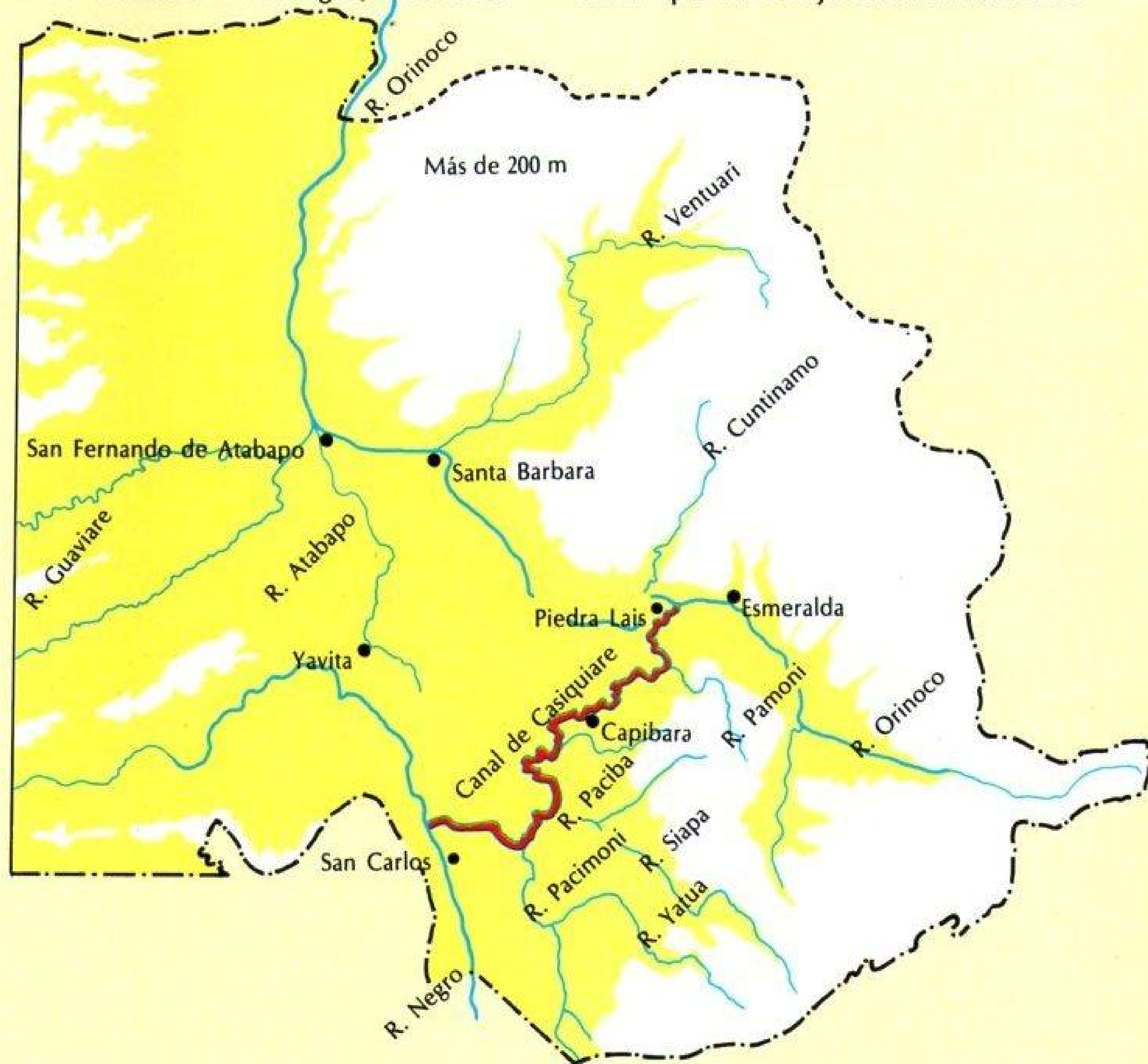
Cuando el río se desborda, el agua desciende a un nivel inferior, y el río Pamoni, el más septentrional de los afluentes del Casiquiare, se encuentra a 3 ó 4 m por debajo del nivel del Orinoco, y a unos 32 km en línea recta. Así pues, las aguas desbordadas sólo tenían que recorrer una corta distancia cuesta abajo para llegar a este cauce ya existente, y la conexión del Casiquiare se pudo haber formado de este modo a lo largo de los siglos.

Otros científicos opinan que el Casiquiare «robó» al Orinoco, apoderándose del 25 por 100 de sus afluentes de cabecera. Las dos teorías no se excluyen mutuamente: el proceso de captación de afluentes podría

Los extraños canales del Amazonas

En 1957, casi cuatrocientos sesenta años después de que Cristóbal Colón divisara el delta del Orinoco, una expedición francovenezolana descubrió la fuente del río, en las tierras altas de las Guayanas. A unos 322 km de su nacimiento, el Casiquiare se separa del río, introduciéndose en la espesa selva tropical del sur de Venezuela, que recorre a lo largo de 354 km. Al separarse del Orinoco, el Casiquiare tiene una anchura de unos 46 m, que va aumentando a lo largo del descenso hacia el río Negro, hasta alcanzar una anchura de 457 m, «tan ancho como el Rin», según palabras de Humboldt cuando lo vio en 1800. El Casiquiare atraviesa la divisoria de aguas que separa las dos grandes cuencas del Orinoco y el Negro/Amazonas, a unos 115 m sobre el nivel del mar.

Se ignora por qué el Orinoco no toma este atajo para llegar al Amazonas, en vez de proseguir su tortuoso curso de 1.738 km hasta la costa venezolana del Caribe. La selva tropical no ha cambiado desde que se dibujó esta romántica es-



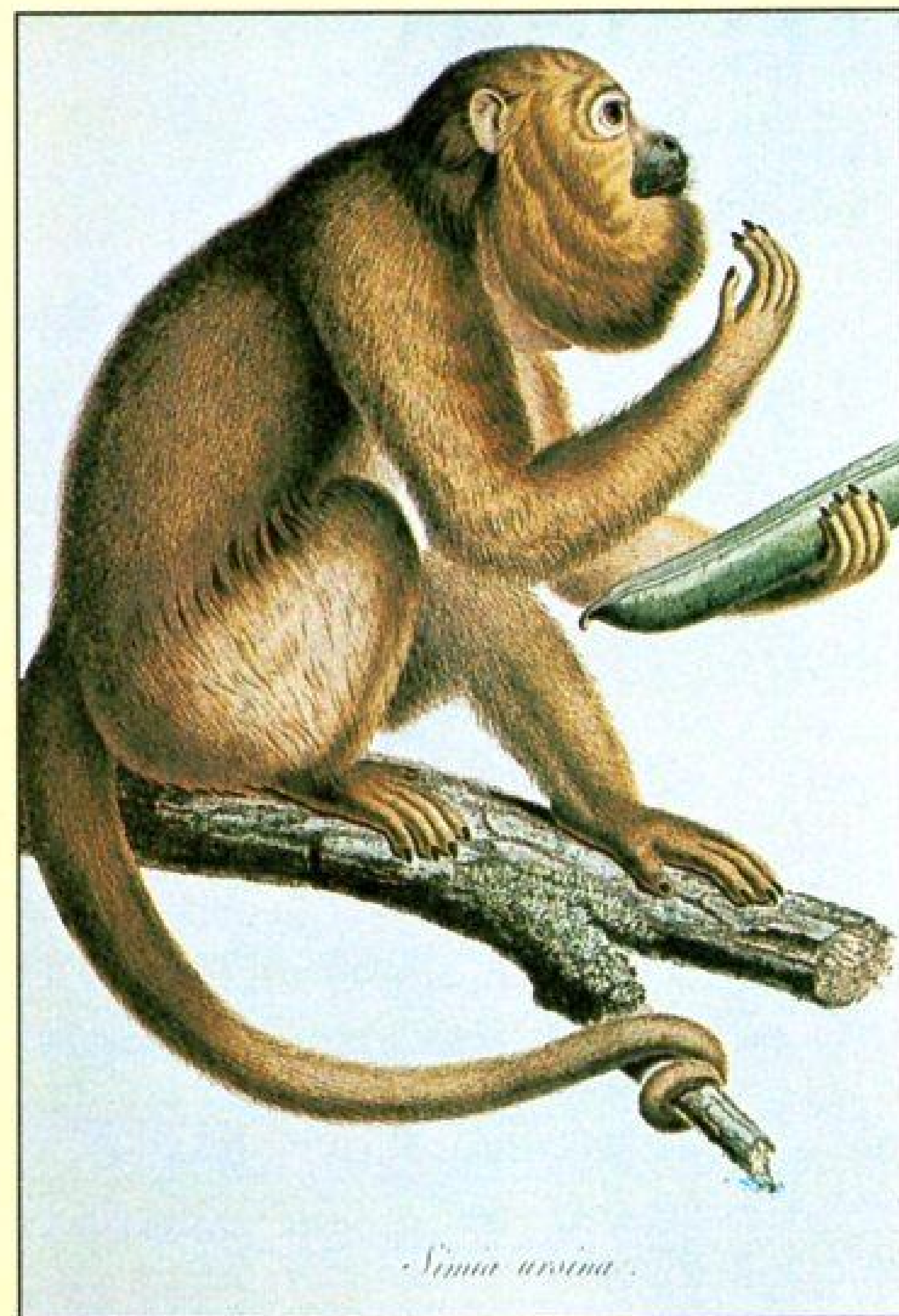
haberse complementado y aumentado con la canalización de las aguas desbordadas.

Existe además una curiosa formación geológica que podría tener relevancia en el asunto. Inmediatamente antes de la confluencia del Orinoco y el Casiquiare se alzan dos conos rocosos, el cerro Tamatama en la orilla norte y el cerro Doromoti (de 27 m de altura) en la orilla sur. El río tiene que estrechar su cauce para pasar entre estos dos obstáculos y, una vez superados, da un brusco viraje al suroeste. Con el tiempo, la violencia de la corriente ha erosionado la orilla sur, contribuyendo a crear el canal que hoy conocemos como Casiquiare.

Una característica curiosa de los ríos de esta zona es la gran diferencia que existe en el color de sus aguas. Los ríos que nacen en las montañas, como el Orinoco, tienen «aguas blancas», turbias y cargadas de partículas sólidas procedentes de la erosión. Los que nacen en las tierras bajas, como el río Negro, llevan «agua negra». El tono oscuro de estas aguas ácidas y transparentes podría deberse a la rápida descomposición de la materia orgánica o a la presencia en el agua



Humboldt encontró en el Casiquiare numerosos animales extraños. Este dibujo, casi humorístico, de un mono aullador pardo —Alouatta fusca— le confirma como un atento observador de la naturaleza. A decir verdad, todavía está considerado como la autoridad definitiva en cuestión de monos aulladores.



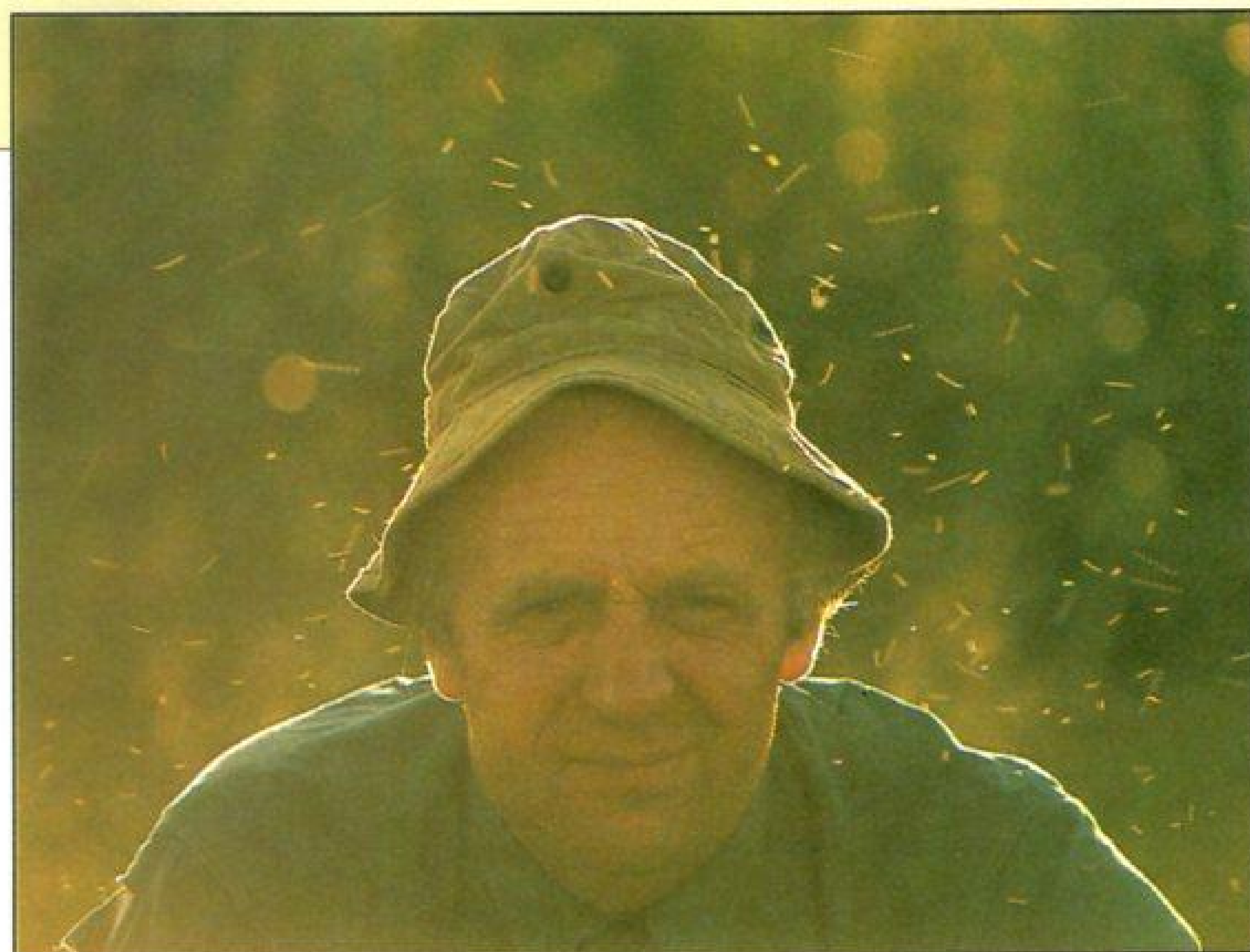
cena, que representa a Humboldt acampando a orillas del Orinoco. Todavía cuelgan flores exóticas de los árboles, y a través del oscuro follaje siguen volando guacamayos, loros y periquitos de brillante plumaje. Los monos aulladores defienden su territorio y dan la alarma a la vista del jaguar. Manadas de pecarís, semejantes a jabalíes, hozan en busca de bulbos y tubérculos, mientras los tapires utilizan su largo hocico móvil para arrancar hojas y frutos. Cerca del río vive el capibara de pies palmeados, el roedor más grande del mundo, y en el agua acechan caimanes, pirañas y peligrosas serpientes coral.

de tanino, procedente de las plantas, que además impide la multiplicación de los insectos.

Esta ventaja queda contrarrestada por la escasez de nutrientes y oxígeno en los ríos de agua negra, que mantienen muy poca fauna y flora.

En cambio, los ríos de agua blanca —y el Casiquiare lo es en casi toda su longitud— son ricos en nutrientes, y en sus orillas, regadas por frecuentes desbordamientos, se puede cultivar mandioca, así como otros productos.

Los insectos —abejas, hormigas, moscas, mosquitos y jejenes— son los amos indiscutibles de los ríos de aguas blancas. Sus incesantes y dolorosas picaduras convierten este hermoso paraje natural en un verdadero «infierno verde».



Los lagos asesinos

En las tierras altas de Camerún, África occidental, se encuentan algunos de los paisajes más impresionantes de África. Una larga serie de más de 30 majestuosos lagos se extiende de lado a lado del país, en medio de un ondulado paisaje de valles y montañas cubiertos de verdor. Pero la serena superficie de estos apacibles lagos oculta un misterioso y siniestro peligro, que durante la década de los ochenta ocasionó la muerte de casi 2.000 personas.

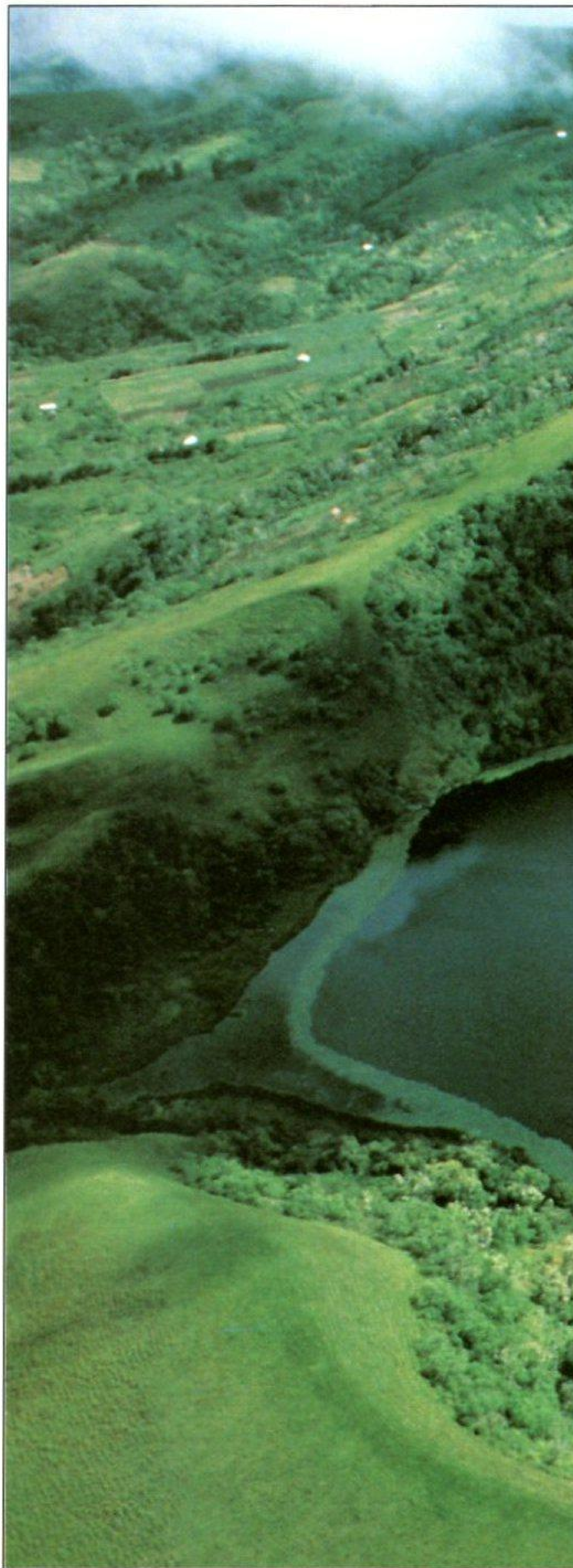
Estos lagos son lagos de cráter, recordatorios visibles de la actividad de la Línea Volcánica de Camerún en épocas pasadas. Dicha línea se extiende a lo largo de 700 km de una línea de falla aún más larga, que llega hasta la isla de Annobón, en el Atlántico sur.

El único miembro en activo de la cadena es el monte Camerún, que entró en erupción por última vez en 1982.

Los lagos eran las chimeneas principales de antiguos volcanes, ya inactivos, que quedaron taponadas y poco a poco se fueron llenando de agua. Algunos de los lagos están condenados a desaparecer por efecto de la acumulación de sedimentos, que primero los transforma en pantanos y luego en praderas.

Las rocas volcánicas de las tierras altas de Camerún, erosionadas por los elementos, se han convertido en tierra fina, cargada de minerales e ideal para ciertos tipos de cultivo, como la mandioca, el ñame y el maíz. Además, proporciona abundante pasto para el ganado. En consecuencia, en las tierras altas han proliferado las comunidades agrícolas, pertenecientes a las etnias fulani y bantú. Los fulani son ganaderos musulmanes que se instalaron en la región hace menos de cien años, procedentes del norte. Los bantúes llevan miles de años viviendo en la zona de los lagos, y se dedican a la agricultura mixta, la metalurgia y el comercio.

Su larga asociación con los lagos ha infundido a los bantúes un respeto hacia los mismos que a veces raya en la veneración. Pero no se trata de una reverencia tranquila



Parece una escena idílica: un apacible lago de aguas azules rodeado de frondosa vegetación; y cerca de él otro lago, ya seco, cuya fértil tierra pronto rendirá abundantes cosechas. Pero la belleza de estos lagos de cráter de Camerún oculta un peligro invisible. En dos ocasiones recientes, de sus tranquilas aguas han emanado nubes de gas venenoso que han sembrado la muerte en kilómetros a la redonda, en completo silencio y sin previo aviso.



y contemplativa, pues las historias que circulan sobre los lagos, trasmitidas por tradición oral, contienen un elemento de peligro imprevisible.

Algunas leyendas hablan de lagos que se desbordan y destruyen aldeas; otras, de espíritus femeninos que habitan en las profundidades de los lagos y atraen a los pescadores a la muerte. También abundan los relatos sobre espíritus que matan toda la pesca, y sobre lagos que desaparecen y vuelven a aparecer.

Hasta hace muy poco, los viajeros que visitaban esta región y admiraban sus maravillosos paisajes consideraban pura fantasía la amenaza implícita en las leyendas. Pero éstas, en realidad, evocan pasados desastres que han llegado a formar parte de la memoria colectiva, como quedó demostrado por los trágicos sucesos ocurridos en los años ochenta.

El 15 de agosto de 1984, la policía de la localidad de Foumbot recibió el aviso de que la gente caía muerta en la carretera que pasa junto al lago Monoun. Una dotación acudió a la zona acompañada por un médico, y encontró numerosos cadáveres a orillas del río Panke, que nace en el lago. Sobre el terreno se veía flotar una nube de humo blanquecino, de unos 3 m de altura, que descendía del lago. Como empezaban a sentir mareos, náuseas y debilidad, decidieron no acercarse más.

Pronto se comprobó que aquel día habían muerto cerca del lago 37 personas, de manera repentina y misteriosa. El suceso se produjo en un período de agitación política, y corrieron muchos rumores al respecto. Entre otras posibilidades, se habló del empleo clandestino de armas químicas, del vertido ilegal de sustancias en el lago, y de algún fenómeno natural relacionado con el carácter volcánico del lago.

El gobierno de Camerún y la oficina estadounidense de ayuda exterior para casos de catástrofe organizaron de inmediato un equipo científico que investigara la verdadera causa del desastre.

Sus descubrimientos terminaron siendo publicados en 1987.

El equipo llegó a la conclusión de que el desastre se había debido a causas naturales: una emanación de gas letal desde las profundidades del lago, provocada por un



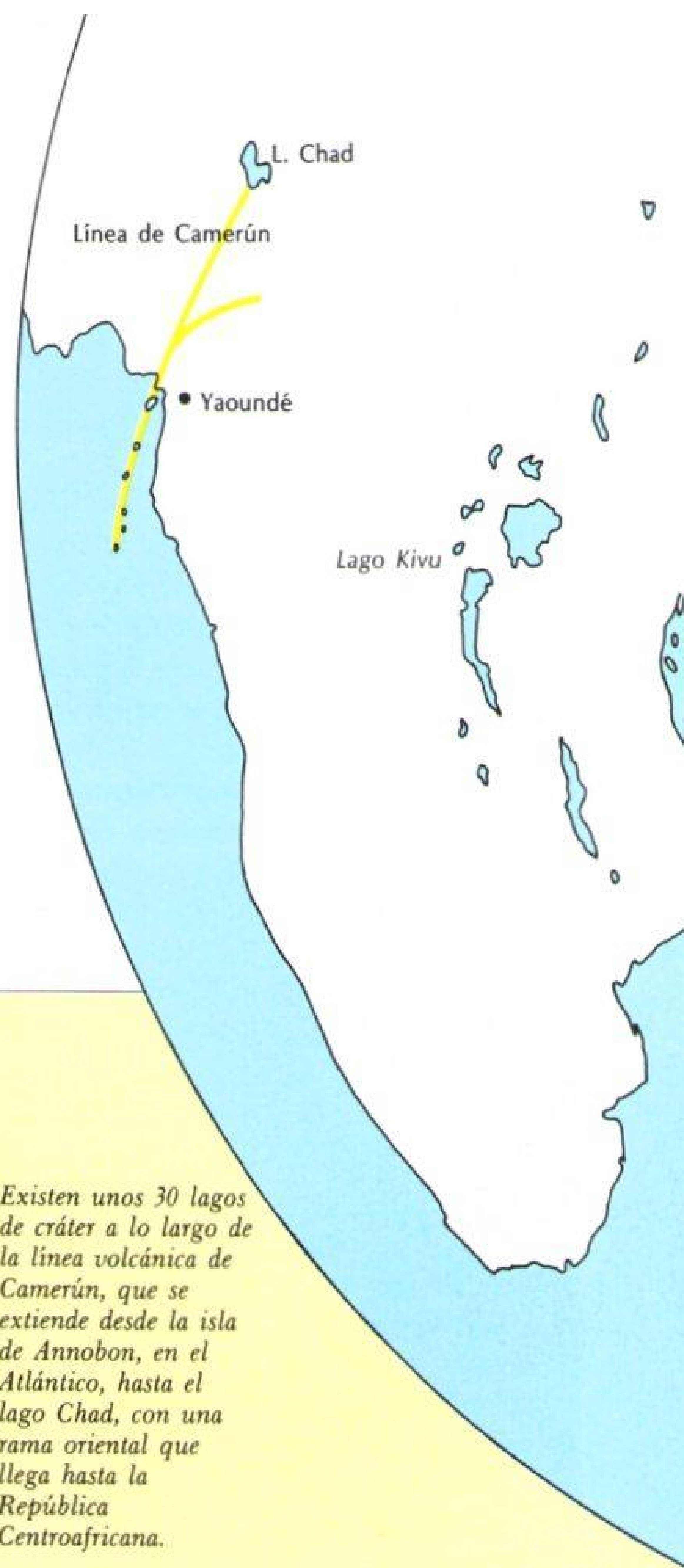
corrimiento de tierras en el borde oriental de éste, todo ello originado por un pequeño temblor.

Sin embargo, ¿por qué habrían de surgir grandes cantidades de gas en un lago tan apacible? ¿Por qué dicho gas tendría que ser letal? Las respuestas a estas preguntas hay que buscarlas en los orígenes volcánicos del lago Monoun. Aunque el volcán lleva mucho tiempo sin expulsar lava, ha seguido emitiendo gases volcánicos, cuyo principal componente es el dióxido de carbono, que se acumulaban en el fondo del lago.

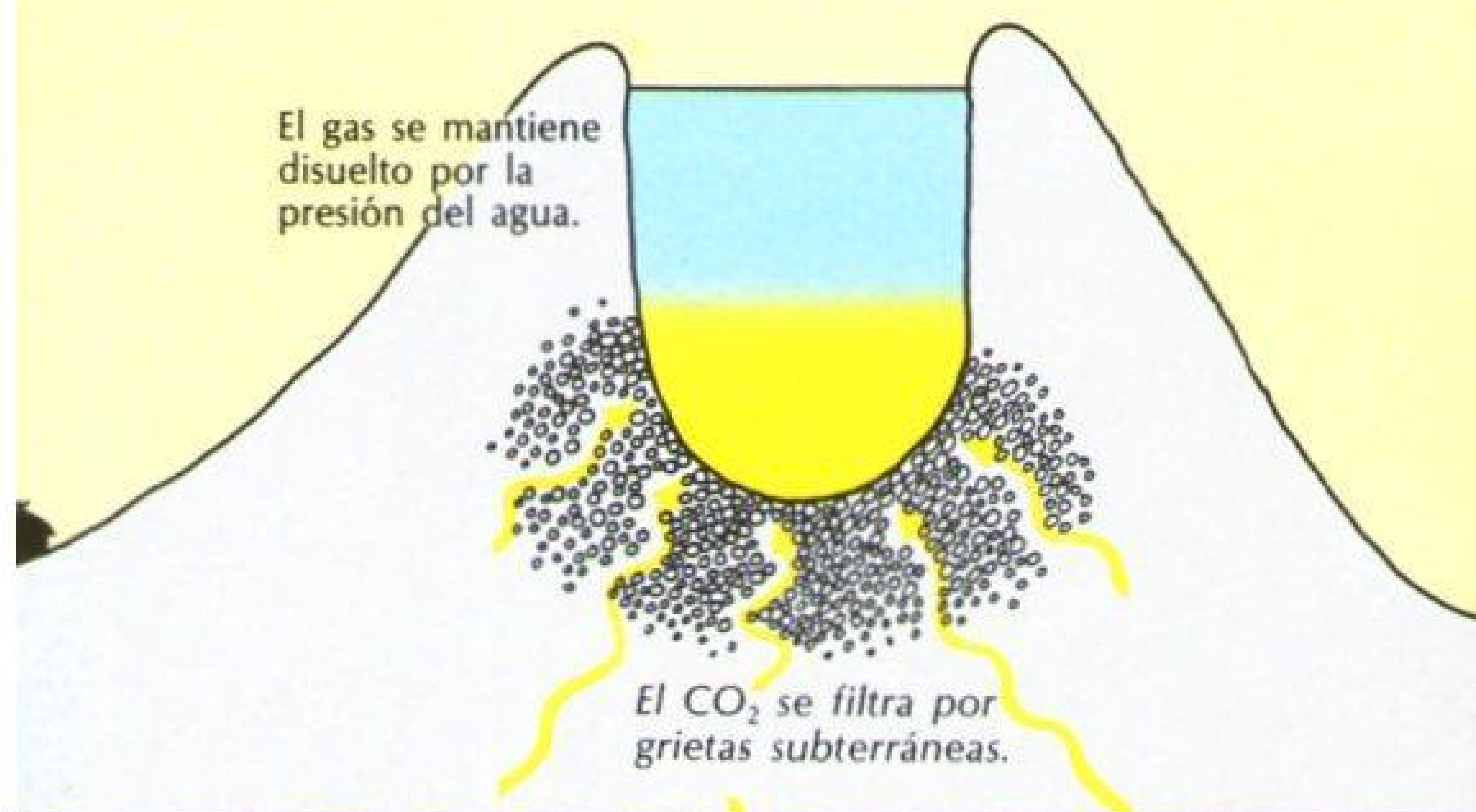
La tremenda presión de la masa de agua permitía mantener disueltos grandes volúmenes de gas, un efecto similar al que se produce en una botella de gaseosa, donde la elevada presión permite mantener en solución una gran cantidad de dióxido de carbono.

Por debajo de los 50 m de profundidad, las aguas del lago Monoun carecen por completo de oxígeno y están saturadas de dióxido de carbono disuelto, en forma de iones bicarbonato. Contienen, además, grandes cantidades de hierro. Los estudios isotópicos han revelado que gran parte del dióxido de carbono penetró en el agua hace mucho tiempo, y parecen indicar que el lago tiene 18.000 años de antigüedad. Parece que el dióxido de carbono ha estado filtrándose desde hace miles de años, aumentando su concentración en las aguas profundas del lago.

La mayor parte del gas permanece en las capas profundas del lago, debido a la estrati-

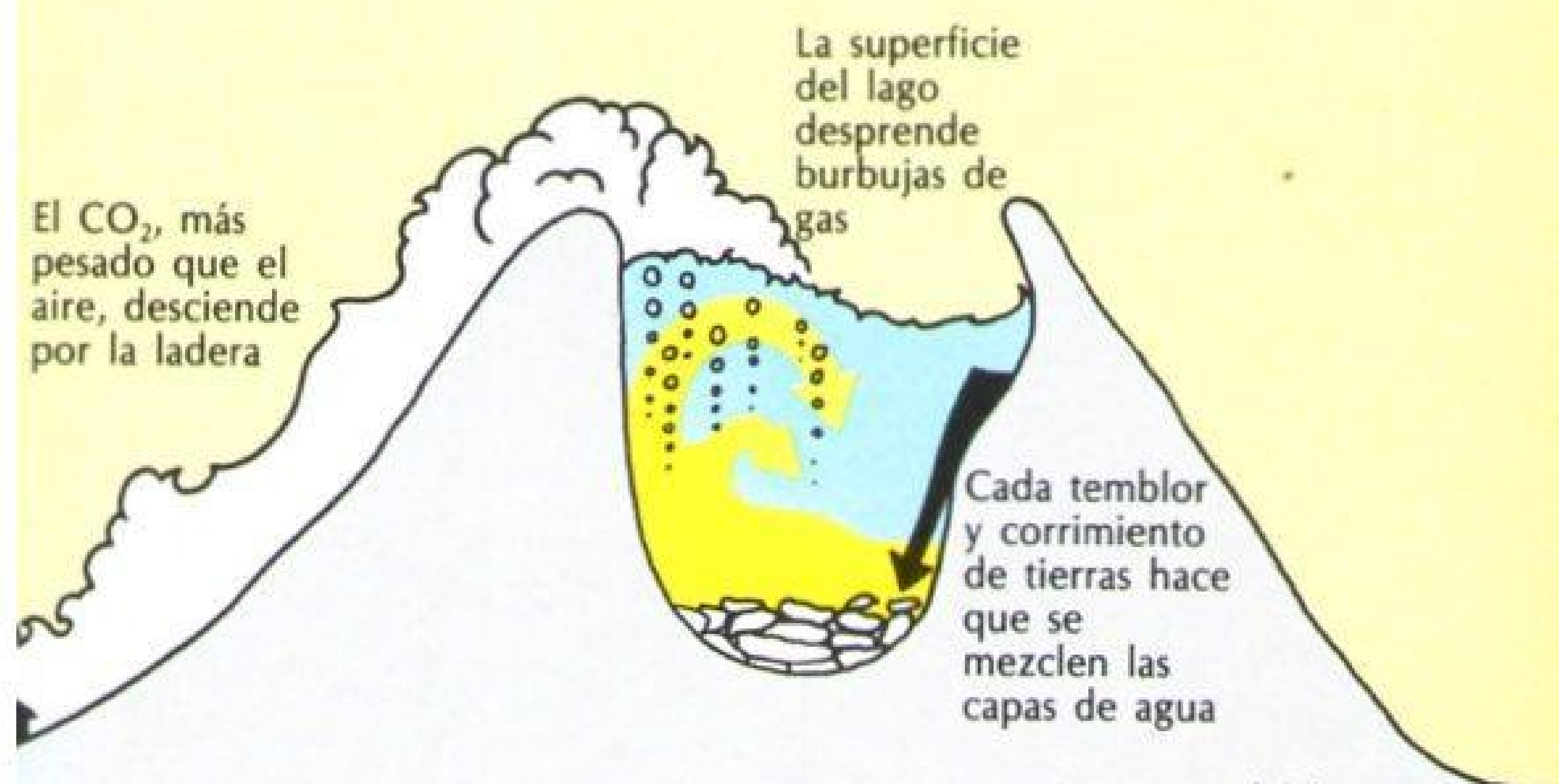


Erupciones de gas en el lago Nyos



Un corrimiento de tierras provocado por un temblor perturbó la estratificación de las aguas del lago. Las aguas profundas, con elevadas concentraciones de dióxido de carbono, subieron a la superficie. El mortífero gas emana del lago y desciende por el valle, llevando la destrucción a las aldeas próximas.

Existen unos 30 lagos de cráter a lo largo de la línea volcánica de Camerún, que se extiende desde la isla de Annobon, en el Atlántico, hasta el lago Chad, con una rama oriental que llega hasta la República Centroafricana.



Más de 3.000 cabezas de ganado murieron asfixiadas a unos 100 m por encima del lago, lo cual demuestra el alcance de los efectos del gas.



Las aguas del lago, que suelen ser transparentes, se tiñeron de color pardo a causa de los compuestos de hierro que la erupción de gas hizo subir a la superficie. La vegetación de las orillas quedó destruida.

ficación del agua, que impide la mezcla de las aguas profundas con las superficiales.

Sin embargo, debe tenerse en cuenta que a lo largo de los siglos deben haber salido a la superficie pequeñas cantidades de dióxido de carbono, que se difunde en la atmósfera de manera imperceptible.

Aquel día de agosto de 1984, este lento proceso se interrumpió de golpe. Hacia la medianoche anterior al día de la tragedia, se oyó una explosión o un fuerte ruido en las proximidades del lago; algunos habitantes de la zona recuerdan que se produjo un pequeño temblor de tierra.

El temblor provocó un corrimiento en el borde del cráter que contiene el lago, haciendo caer al fondo de éste grandes cantidades de tierra y rocas.

Éste pudo ser el trágico desencadenante que perturbó la estratificación de las aguas del lago, agitando las profundidades y haciendo emerger agua de las capas inferiores a la superficie.

Esta agitación provocó un resultado similar al que se da al descorchar una botella de cava. El agua profunda, con grandes cantidades de gas disuelto a alta presión, se acercó a la superficie, donde la presión es más baja. Al hacerlo, el gas carbónico entró en efervescencia, provocando una tormenta de burbujas que aceleró el proceso. La efervescencia fue tan fuerte que se formó una ola, que aplastó la vegetación de las orillas hasta una altura de 5 m.

Pero no fue la ola, sino el gas, lo que mató a 37 personas. El dióxido de carbono es un gas asfixiante; si se respira en elevadas concentraciones, provoca la muerte con rapidez. Una vez que se inhala un poco, resulta difícil incluso contener la respiración, porque la disminución del nivel de oxígeno y el aumento de la concentración de CO_2 en la sangre indican al cerebro que es preciso respirar con más intensidad. Este acto reflejo acelera la asfixia.

Sin embargo, cuando se publicó en 1987 el informe de los científicos sobre la tragedia del lago Monoun, los acontecimientos se le habían adelantado.

La tarde del 21 de agosto de 1986 se oyó un fuerte ruido, como el de un avión volando a poca altura, cerca del lago Nyos, otro lago de cráter situado 120 km al norte del Mounoun. Poco después, una terrible columna de vapor y gas surgió del lago y descendió como un río por los valles adyacentes.

Esta nube de destrucción, de 46 m de altura, dejó a su paso 1.200 muertos en la aldea de Bajo Nyos. En otras aldeas cercanas murieron 500 personas más en cuestión de minutos.

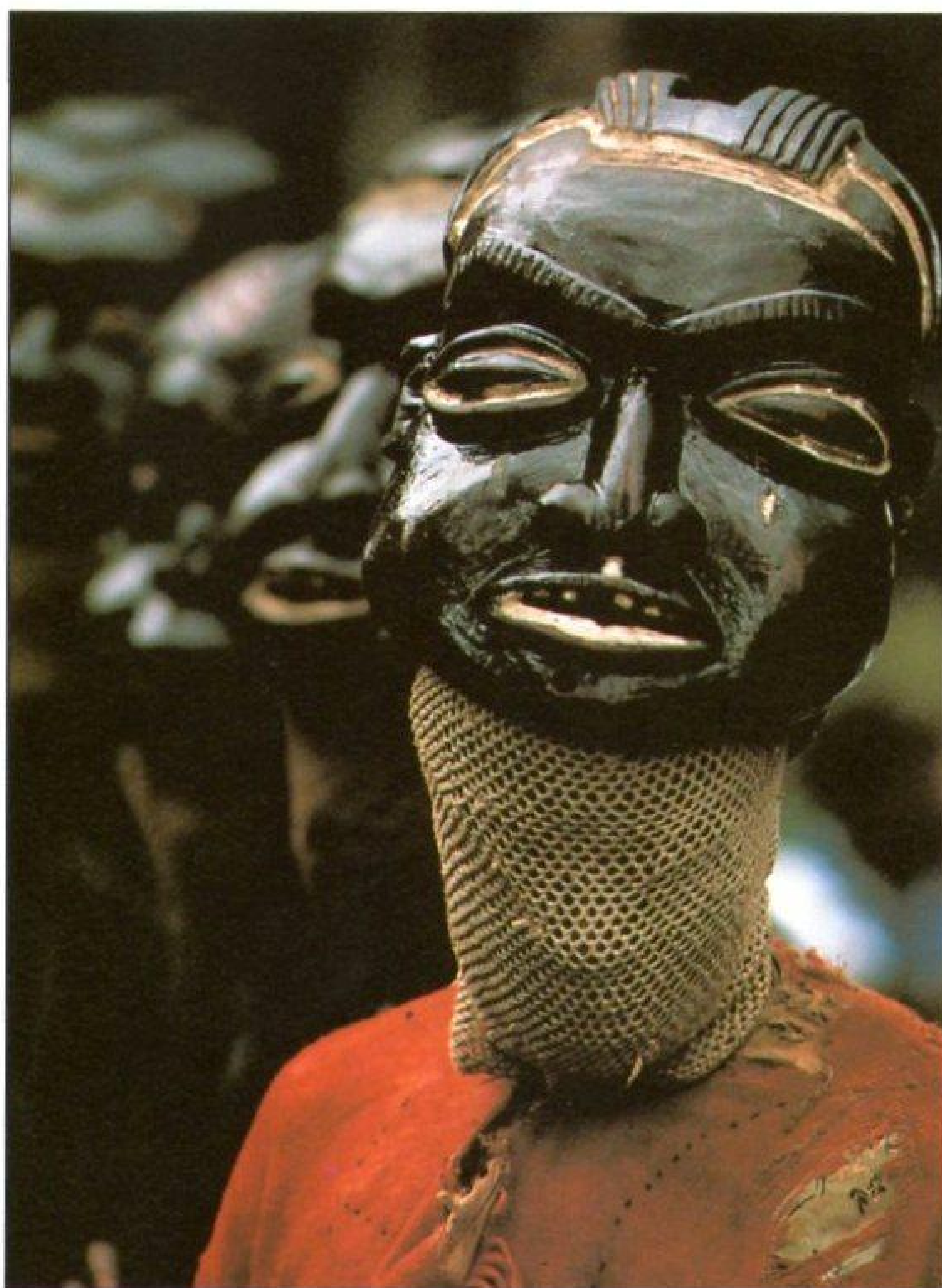
Aunque provocó un número mucho mayor de víctimas —más de 1.700—, la catástrofe de Nyos presentaba muchas similitudes con la de Monoun.

La actividad sísmica había convertido un lago tranquilo y estratificado en una masa turbulenta y mortífera. Existen fundados temores de que la región de Camerún esté entrando en un período de mayor actividad sísmica, lo cual significaría un aumento de las emanaciones de gas y nuevas turbulencias, con el peligro de que se repitan los trágicos acontecimientos de Monoun y Nyos.

Tal parece que las antiguas leyendas sobre los lagos de las tierras altas habían captado a la perfección el aspecto maligno de estas hermosas aguas.

Los habitantes de la zona, asustados por el mortífero y misterioso poder de los lagos, ofrecen sacrificios para apaciguar a los espíritus que moran en sus profundidades. A la derecha, *una mujer prepara una cocción de hierbas y sangre de gallina, para verterla en un punto sagrado del lago Barombi Mbo.*

Flanqueados por bailarines y cubiertos con máscaras, los sacerdotes de las tribus locales dirigen una gran ceremonia funeraria para llorar a las víctimas de la catástrofe del lago Nyos. De este modo pueden descargar parte de su rabia contra el agente del mal que tantas vida quebró.







La guarida oculta del lusca

Los bajíos arenosos de las Bahamas aparecen teñidos de azul turquesa, como pinceladas aplicadas por un artista. Muchos de estos retazos de color intenso corresponden a los «agujeros azules» que han dado fama a la región. Para los turistas no son más que una confirmación de la legendaria belleza del Caribe, pero los pescadores los contemplan con más respeto.

Según la leyenda, estos agujeros sirven de guarida al lusca, un monstruo mitad tiburón y mitad pulpo, cuya respiración provoca remolinos en los agujeros y cuyos «tentáculos» arrastran a las profundiades objetos flotantes, personas e incluso barcos. Tras el ataque, una columna de agua se eleva de golpe hasta la superficie, indicando que el lusca ha quedado satisfecho.

En realidad, estos agujeros azules son las entradas a cavernas submarinas, que abundan en los márgenes de las islas. Su equivalente en tierra firme son los lagos negros y circulares que existen en las zonas boscosas de las islas.

El respeto que inspiran estos «agujeros hirvientes» a los isleños es comparable al que sienten los submarinistas que los exploran. El peligro que entrañan y las leyendas que los rodean han hecho que permanecieran inexplorados e inexplicados durante siglos. Los primeros intentos sistemáticos de investigar estas antiquísimas cavernas tuvieron lugar en los años cincuenta. En la actualidad, las investigaciones están proporcionando datos fascinantes acerca de la historia de las Bahamas y los procesos geológicos que las configuraron.

En los bajíos de las Bahamas se encuentra la mayor masa de sedimentos calizos que existe en el mundo en proceso de formación activa. Las islas que sobresalen del mar están formadas por una sucesión de capas calizas que mide de 3 a 6 km de profundidad, y ocupan un fragmento del borde de la placa continental de Norteamérica, que se desprendió de la placa africana cuando los dos continentes se separaron hace unos 190 millones de años.

Desde entonces, prácticamente no han cesado de depositarse sedimentos ricos en carbonato de calcio, que se acumulan con especial rapidez en las zonas tropicales, donde el sol y la temperatura del agua favorecen la evaporación y la precipitación de las



La isla de Andros, que se alza sobre la meseta submarina del bajío mayor de las Bahamas, está rodeada por tres lados de aguas cálidas y poco profundas. Pero por el lado este se extiende un «valle» de agua de más de 1.800 m de profundidad, la «Lengua del Océano». A lo largo de las paredes de este abismo se encuentran los fascinantes y peligrosos «agujeros azules» del Caribe.

El cuadrado amarillo corresponde a la fotografía de la derecha, tomada desde un satélite.







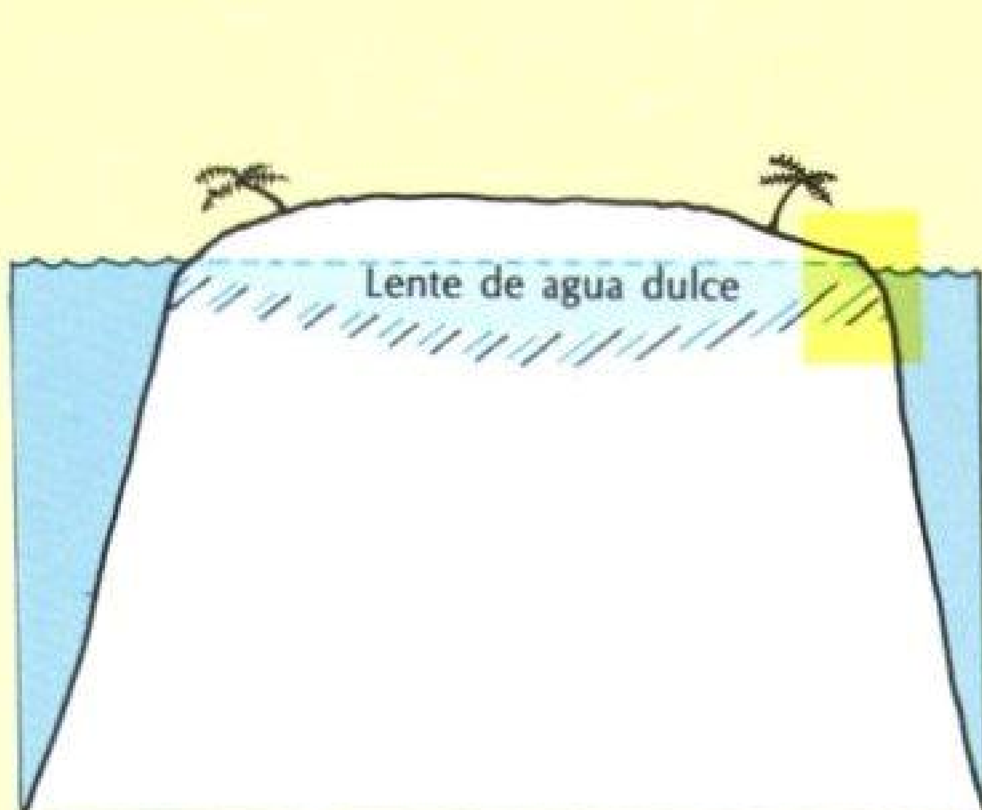
En el interior de las islas hay agujeros que sirven como «ventanas» de las cavernas de agua dulce que se extienden por debajo.

sales disueltas. Además, estas condiciones permiten la rápida proliferación de organismos cuyos esqueletos, también compuestos por carbonato de calcio, se añaden a las capas que van a formar la piedra caliza. Esta «fábrica de caliza» alcanza sus mayores niveles de producción en aguas poco profundas, como las que rodean las Bahamas, donde la luz que penetra permite el desarrollo de organismos como los corales.

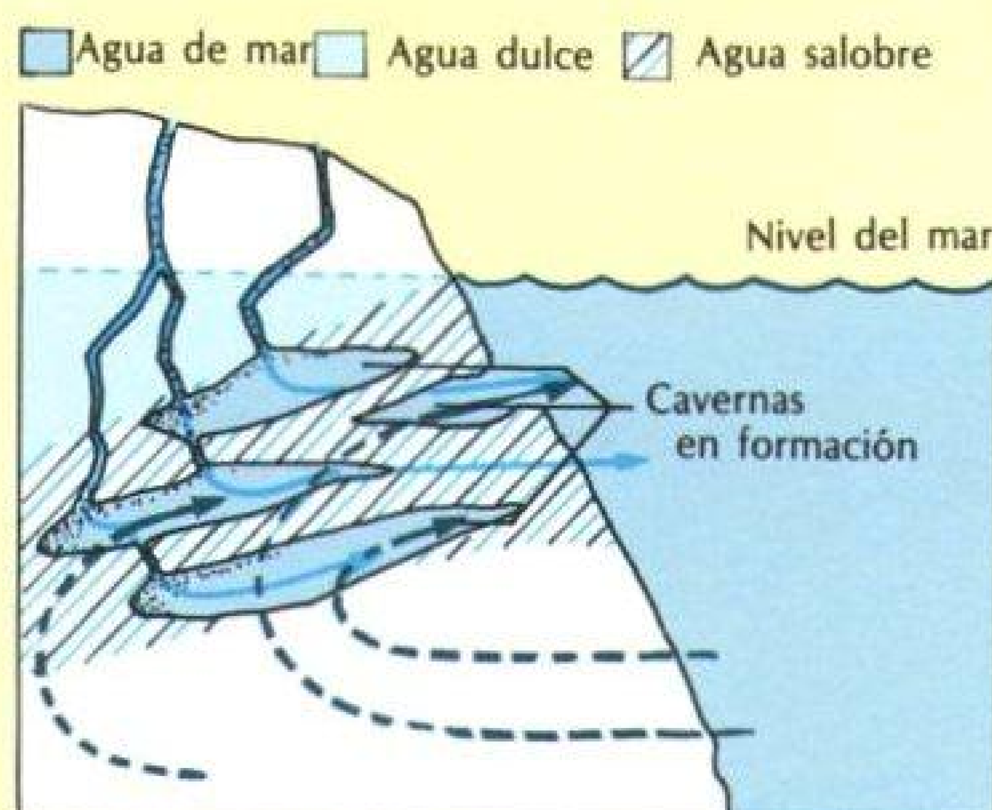
Los corales necesitan vivir en aguas que contengan muchos nutrientes, y por eso crecen en torno a las islas y bajíos, formando una barrera rocosa a su alrededor. Detrás de esta barrera se van acumulando los desechos del coral; en el interior de la laguna del arrecife predominan los sedimentos fangosos, y en los bajíos las raíces de los mangles atrapan y aglutinan los sedimentos. La cara frontal del arrecife suele ser muy empinada, y los submarinistas la llaman «la pared». Se forma por cementación natural de la superficie e intersticios del arrecife y por el crecimiento hacia arriba de la masa de coral. El agua que circula por el interior de la «pared» puede disolverla en algunos puntos, creando cavernas subterráneas.

El agua de lluvia, que se acumula en la tierra y las rocas, actúa como una lente sobre el agua de mar que tiene debajo, ya que el agua salada es más densa que el agua dulce. Cuando ambas se juntan, forman una potente mezcla que disuelve la roca mucho más aprisa que cada una por separado. Cuando la marea retira el agua a través de fisuras en las rocas, estos canales se van ero-

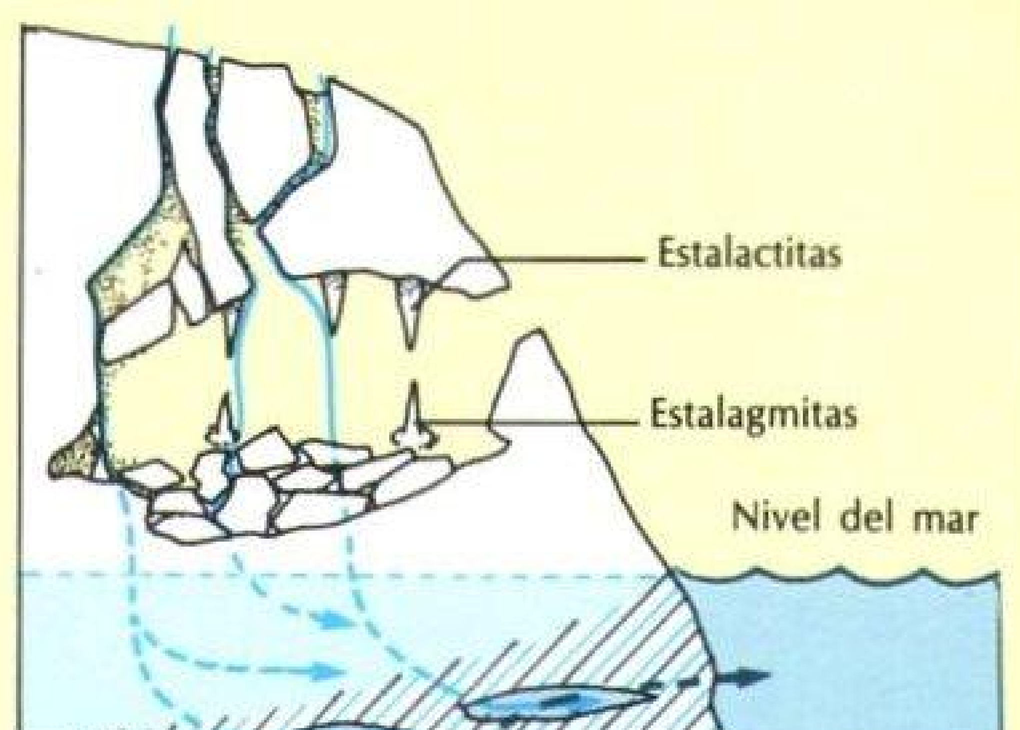
Agua de mar | Agua dulce | Agua salobre



El agua de lluvia se filtra a través de la roca y forma como una lente sobre el agua salada, que es más pesada. Donde se juntan las dos se forma agua salobre que disuelve la roca con más rapidez que las aguas dulce o salada por separado.



El flujo de las mareas en la base de la lente hace pasar el agua salobre a través de fisuras en la roca, que se va erosionando. Poco a poco, los canales se convierten en cavernas.

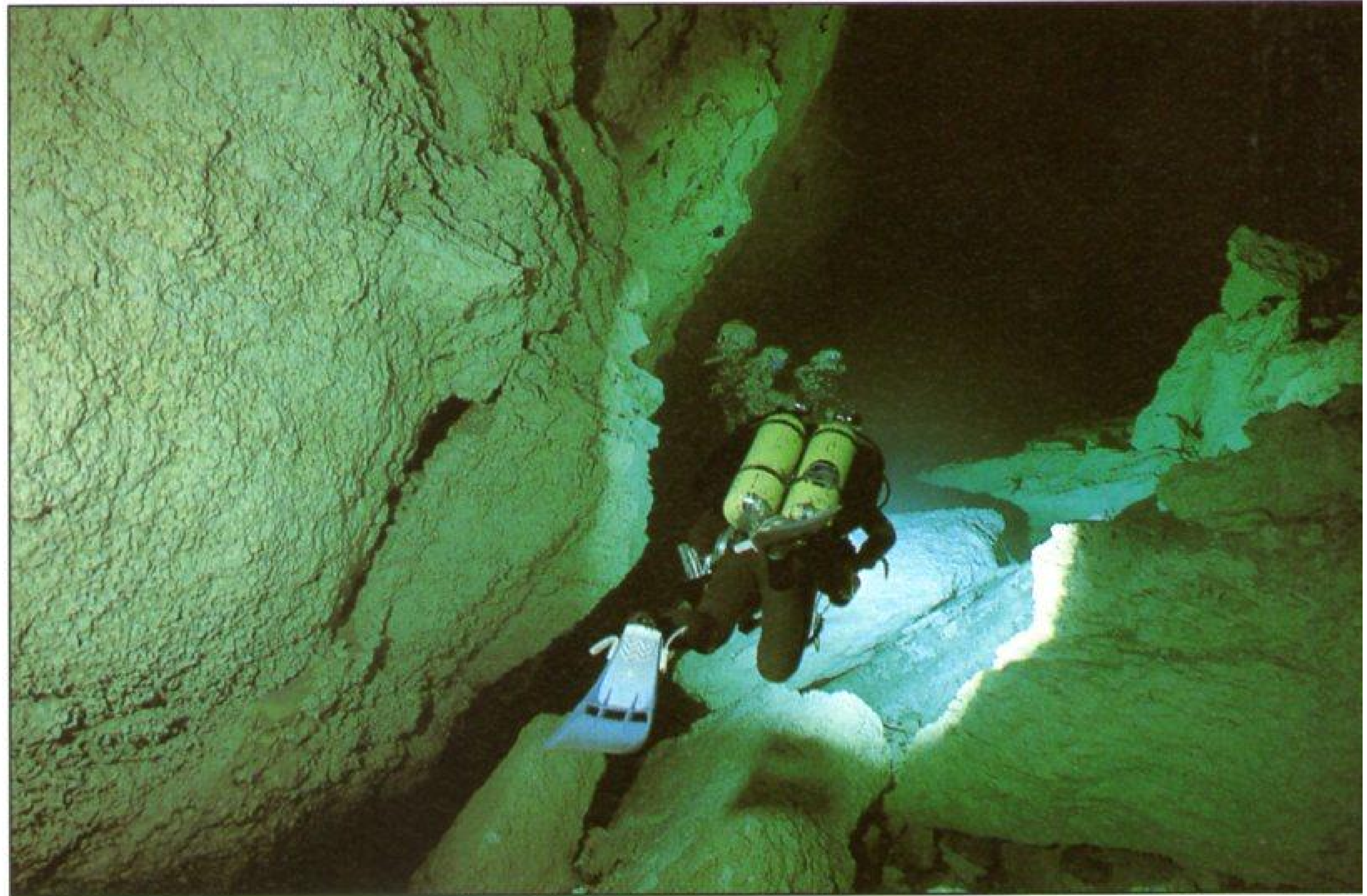


Durante las sucesivas glaciaciones, el agua quedó fijada en glaciares y bancos de hielo, y el nivel del mar descendió. Las cavernas submarinas se vaciaron de agua, y empezaron a formarse en ellas estalactitas y estalagmitas. Al carecer del sostén del agua, muchos de sus techos se desplomaron.

sionando y, con el tiempo, pueden llegar también a formar cavernas.

Durante los dos últimos millones de años, las sucesivas glaciaciones concentraron mucha agua en el hielo de los casquetes y glaciares, ocasionando un descenso del nivel del mar. En el apogeo de la última glaciación, hace 18.000 ó 20.000 años, el nivel de los océanos estaba 120 m más bajo que ahora. Como consecuencia, las cavernas submarinas que se habían formado hasta entonces quedaron vacías y, al carecer del sostén del agua, sus techos se hundieron.

En los techos de muchas cavernas se formó una especie de cúpula que en algunos casos llegaba a la superficie, formando un pozo abierto. Cuando el nivel del mar volvió a subir, estos pozos se llenaron de agua, formando los agujeros azules. En una caverna de la isla de Andros del Sur, la subida de las aguas inundó el nido de una especie extinguida de búho, descubierto recientemente por los submarinistas.



La exploración de las cavernas submarinas está llena de peligros, y los buceadores llevan numerosas luces para penetrar en sus eternas tinieblas, y doble provisión de aire, reguladores e incluso máscaras, para mayor seguridad.

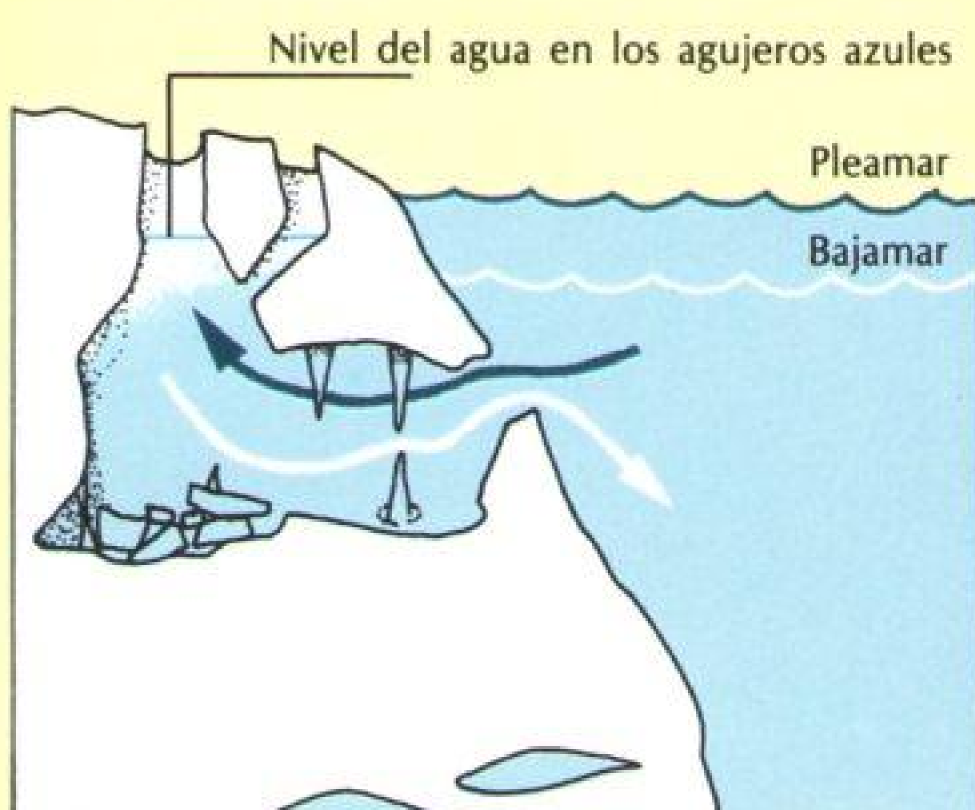
Cuando las cavernas se llenaron de aire, se formaron en ellas estalactitas y estalagmitas. Cada vez que el nivel del mar subía, la formación se interrumpía, para volver a reanudarse cuando la siguiente glaciación hacía descender de nuevo el nivel del agua. El estudio de estas formaciones proporciona a los científicos excelente información sobre los niveles del mar en épocas pasadas.

Cuando sube la marea, el mar queda a un nivel más alto que el agua subterránea de las islas, y la presión del mar hace penetrar agua en los agujeros azules, provocando sus característicos remolinos y haciendo subir ligeramente el nivel del agua terrestre. Cuando la marea baja y disminuye la presión del agua del mar, el agua subterránea empuja al agua marina, haciéndola salir por las bocas de los agujeros azules. Estas fuertes corrientes alternantes son las que han dado origen al mito del lusca.

Los submarinistas toman toda clase de precauciones para adentrarse en los agujeros azules. La exploración de cavernas submarinas exige técnicas especializadas y mucha sangre fría, ya que no resulta fácil volver a salir al aire libre.

Hay que moverse muy despacio y con mucho cuidado, porque cualquier movimiento brusco puede agitar los sedimentos y reducir la visibilidad a cero.

Por esta razón, los buceadores tienen siempre un cable que les sirva de guía a través del laberinto submarino: un hilo de Ariadna que los conduce de vuelta a la entrada y a la seguridad.



Al subir la marea, el agua del mar penetra en las cavernas y sube el nivel de las aguas subterráneas. Cuando la marea baja, el agua del mar se retira y el nivel del agua en los agujeros desciende.



Las aguas del Agujero Negro de la isla de Andros se ven tan oscuras a causa de su tremenda profundidad. El agujero, de más de un km de diámetro, se formó al hundirse el techo de una enorme caverna, y se llenó de agua cuando subió el nivel del mar al concluir la última glaciación. Sus cristalinas profundidades no se han explorado nunca.

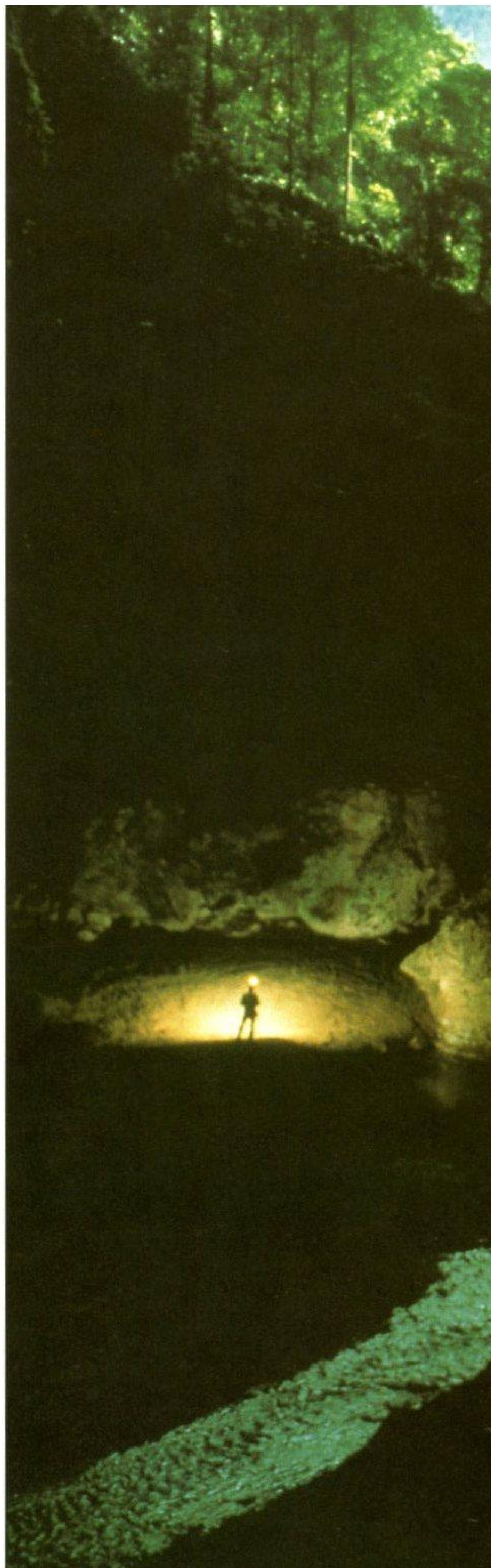
Mundos subterráneos

Muy por debajo del denso follaje tropical y el aire húmedo del parque nacional de Gunong Mulu, en Sarawak, Borneo, existe una caverna tan enorme que cabrían en ella ocho aviones jumbo, uno detrás de otro. La Cámara de Sarawak, que es como se la llama, mide 700 m de longitud por 400 de anchura, y es la mayor que se conoce en todo el mundo. Lo más sorprendente es que carece de pilares de apoyo: está excavada en rocas calizas muy espesas y sin fisuras, y sólo se apoya por los lados.

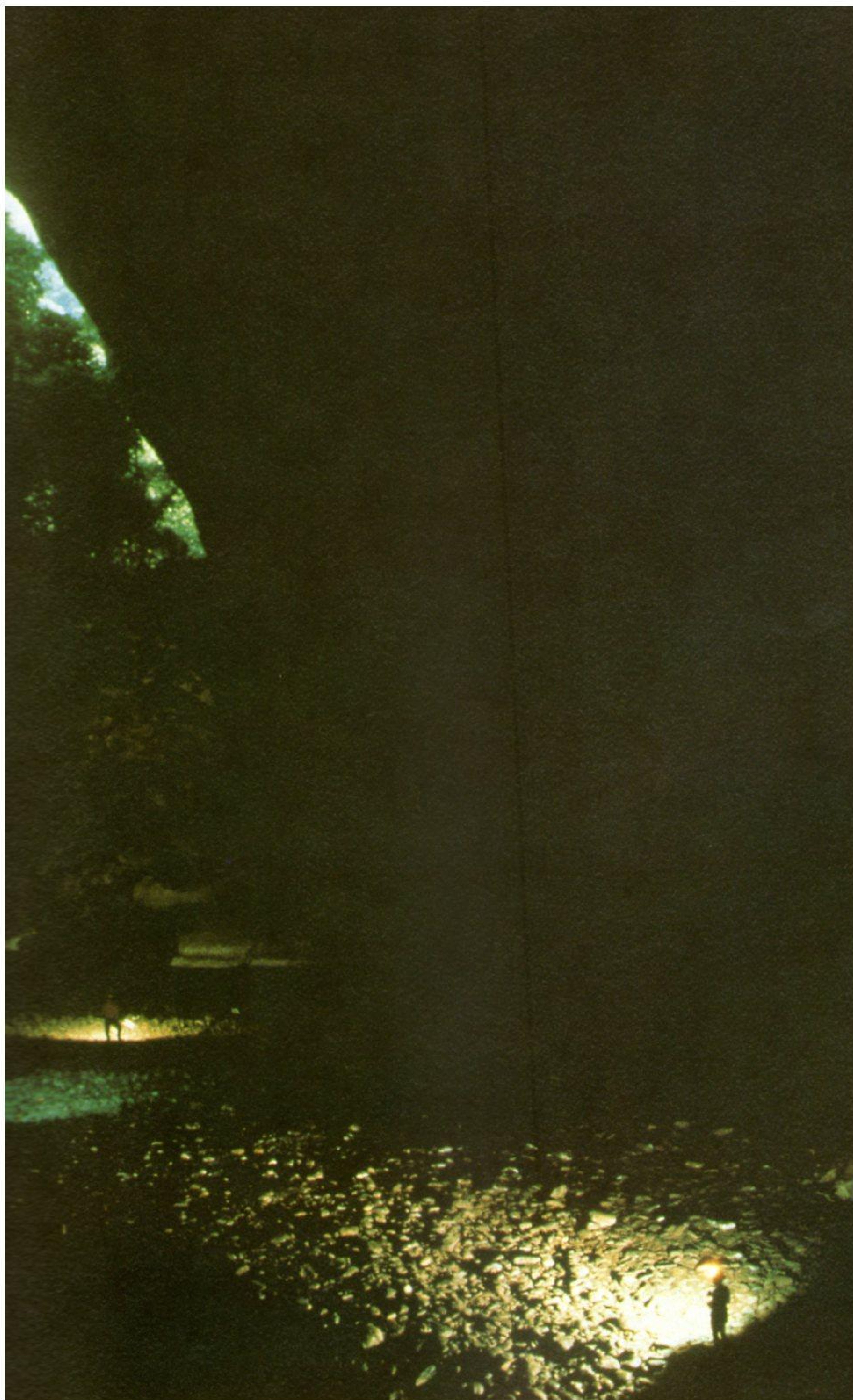
La mayoría de las cavernas del mundo, y sobre todo las grandes, se forman en roca caliza. Pero también las hay de yeso, como los extensos laberintos de la caverna de Optimisticeskaja, en Ucrania, de 165 km de longitud; y otras, como los enormes y antiquísimos pozos de la meseta de Sarisarinama, en Venezuela, se han formado en cuarcita.

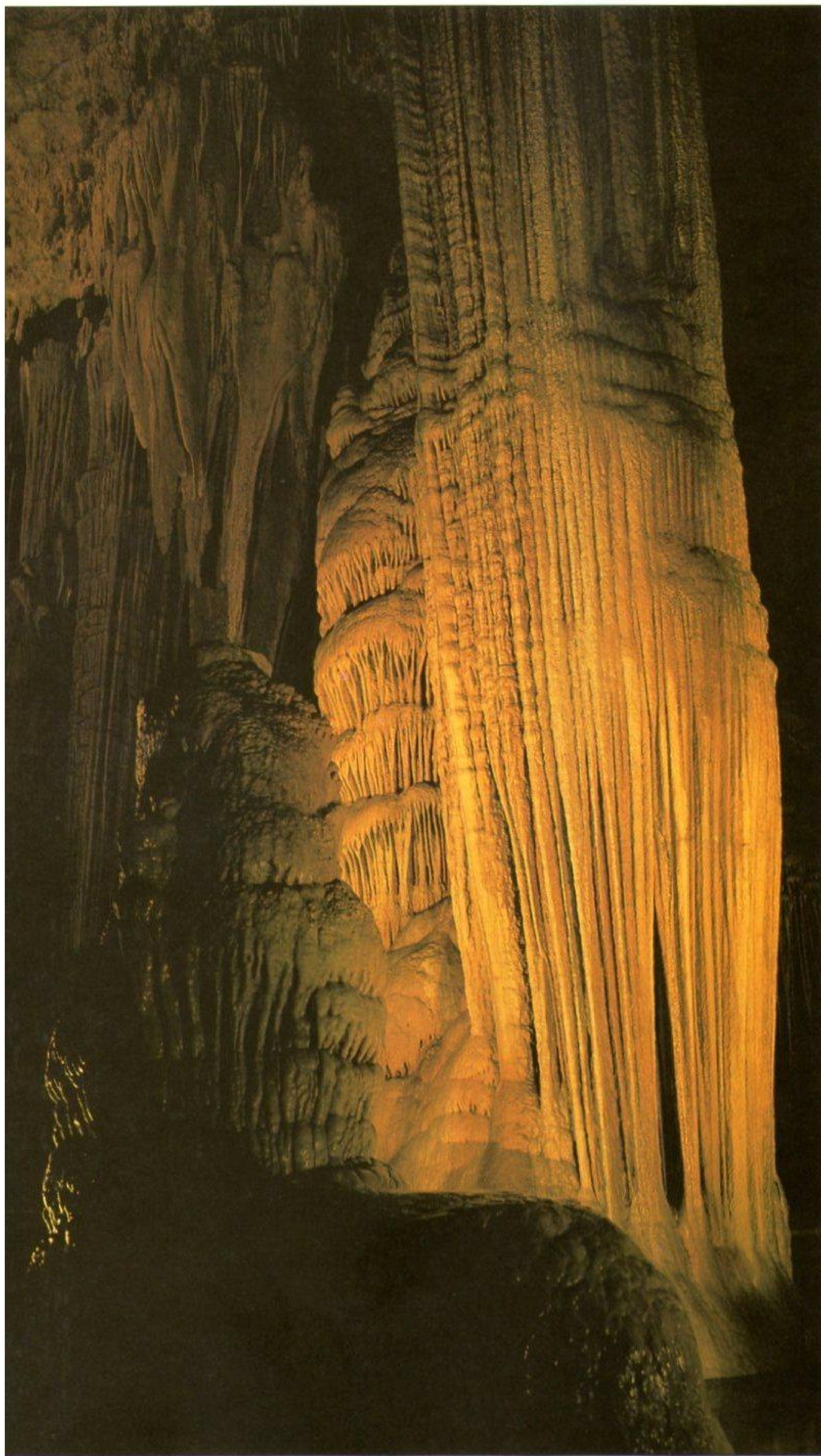
Sea cual sea el tipo de roca, las cavernas se forman cuando el agua —y los materiales que arrastra— erosiona y disuelve la roca. El agua pura ejerce muy poco efecto en la roca caliza; pero cuando el agua está cargada de dióxido de carbono se vuelve ácida y puede disolver grandes cantidades de roca con bastante rapidez. El aire que nos rodea contiene un pequeño porcentaje (0,03 por 100) de dióxido de carbono, suficiente para que el agua de lluvia arrastre una pequeñísima cantidad de ácido carbónico disuelto. Este agua se hunde en la roca caliza a través de las fisuras y la va erosionando, formando surcos y canalillos. Todos ellos acaban por unirse bajo tierra en una sola corriente, y el canal que excavan se convierte en un pasadizo. Sin embargo, como la mayor parte de la acidez del agua se pierde cerca de la superficie, la erosión avanza despacísimo, a razón de un par de centímetros cada mil años.

Pero la formación de cavernas puede ser más rápida. Por ejemplo, cuando el agua de lluvia se concentra en ríos y arroyos que corren sobre rocas impermeables, como las pizarras, que se encuentran adyacentes o por encima de la caliza, se crean cavernas



Los exploradores parecen insignificantes bajo la inmensa bóveda de la cueva del Ciervo, en Sarawak. Incluso aquí, a la entrada de la caverna, las luces de sus cascos les hacen parecer minúsculas luciérnagas. Los seres humanos estamos habituados a la luz, y los espeleólogos que se adentran en las tinieblas pueden sufrir terrores primitivos y ancestrales ante la opresión de la oscuridad, la agobiante estrechez de los pasadizos y el eco que retumba en cámaras que parecen no tener ni límites ni salida. A pesar de todo, atraídos por la misteriosa fascinación de lo desconocido, los exploradores penetran una y otra vez en los laberínticos mundos que se extienden bajo el suelo.





con más rapidez, a causa de la mayor exposición al ácido corrosivo. Esto es lo que sucedió en la cueva del Ciervo, en Sarawak, el pasadizo más grande que se conoce, con más de 100 metros de altura y 150 de anchura.

Además, cuanto mayor sea el flujo de agua, podrá arrastrar más arena de cuarzo, guijarros y, como en el caso de Sarawak, piedras grandes que erosionan la blanda superficie caliza y aceleran la formación de la caverna. En los trópicos, las tasas de erosión son mucho más altas que en las zonas templadas, porque al ser más abundantes las lluvias, el agua penetra continuamente —y a mayor velocidad— en los sistemas de cavernas. Por eso no resulta sorprendente que las cavernas más grandes del mundo se encuentren en los trópicos.

En ocasiones, las corrientes subterráneas de agua comunican con ríos de la superfice a través de manantiales o resurgimientos. El río va erosionando la roca de su cauce, haciendo más profundo el valle; al mismo tiempo, la corriente subterránea excava nuevos cauces, disolviendo la piedra caliza para mantenerse al mismo nivel que el río. Los pasadizos originales, situados ahora sobre el nivel del valle, quedan abandonados. De este modo se formó el gigantesco sistema de pasadizos de las cavernas de Flint Ridge, Kentucky, el más largo del mundo, con más de 500 km de longitud total. Se trata de cauces secos y «fósiles», abandonados por las corrientes que los formaron a medida que el río Verde iba profundizando en su valle.

Pero los cauces abandonados casi nunca quedan secos por completo. Por lo general, el agua consigue penetrar en ellos a través de estrechas fisuras en la roca, y gotea desde el techo. Este agua se ha filtrado a través de la tierra, donde la respiración de las raíces de las plantas y la descomposición de materia orgánica por las bacterias provocan concentraciones de dióxido de carbono cien veces superiores a las que se dan al aire libre.

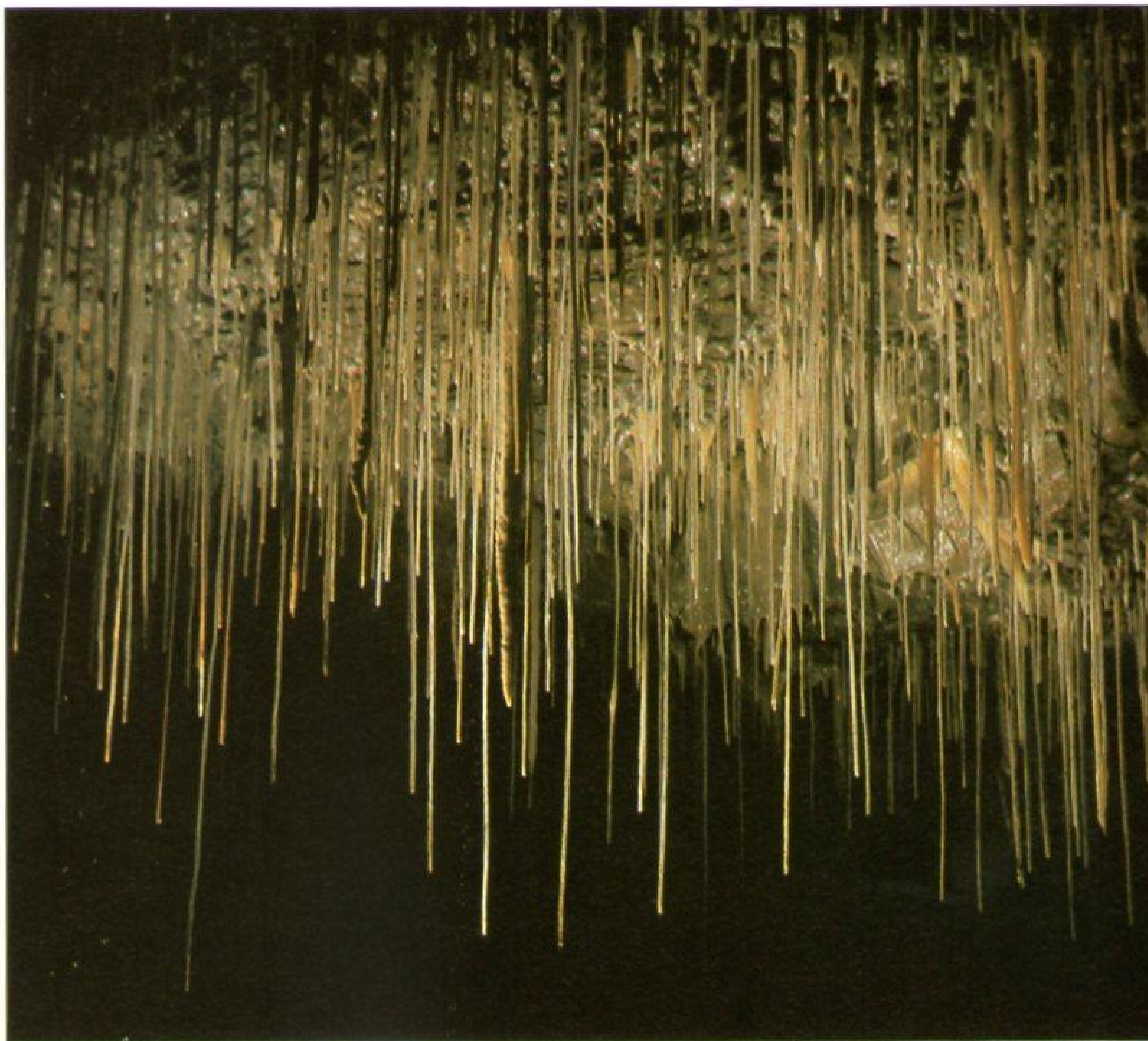
De este modo, el agua que se filtra a través de la tierra se vuelve mucho más ácida que la de lluvia, y es capaz de disolver mucha más piedra caliza —concentrándola en forma de carbonato cálcico— que las aguas de superficie. Pero cuando este agua

El constante goteo de agua cargada de calcio crea fantásticas formaciones, como estos «tubos de órgano» y estalagmitas de cabeza redondeada, de las cuevas de Luray, Virginia occidental.

penetra en una caverna bien ventilada, en cuyo aire hay poco dióxido de carbono, los iones carbonato contenidos en el agua se transforman en dióxido de carbono gaseoso, que se difunde por el aire de la caverna. El agua es incapaz de retener en solución el carbonato cálcico, o calcita, que se deposita en el suelo y el techo de la caverna.

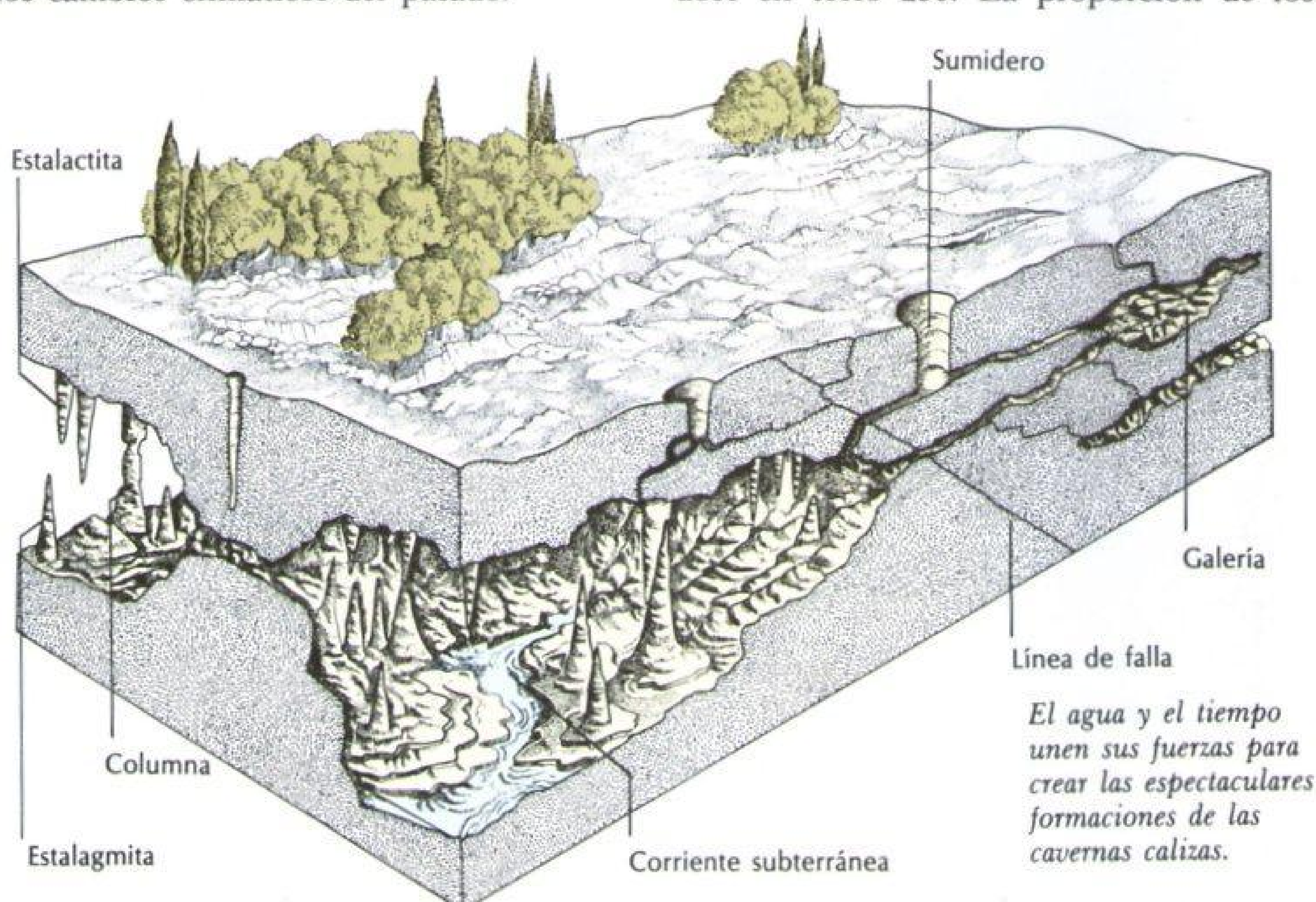
Estos depósitos de calcita son los responsables de algunas formaciones naturales verdaderamente asombrosas. Los ejemplos más corrientes son las estalactitas, formadas por el goteo de agua cargada de calcita, que va dejando en el techo su cargamento mineral hasta formar columnas suspendidas del techo de la caverna. Si el goteo es más rápido, el agua deposita la calcita en el suelo de la caverna, donde se acumula formando estalagmitas, o columnas ascendentes. En algunos lugares, los dos tipos de estructuras acaban por juntarse, formando una columna continua.

En los climas fríos, la baja actividad biológica de la tierra limita la producción de dióxido de carbono, en cuyo caso la caliza no se erosiona tan deprisa y los niveles de carbonato de calcio en solución no son tan altos: el resultado es que las estalactitas y estalagmitas son mucho más pequeñas. Sin embargo, en los climas cálidos, el suelo presenta una elevada concentración de dióxido de carbono, y las cavernas desarrollan formaciones espectaculares. Así pues, las pautas de crecimiento de estas formaciones subterráneas proporcionan información sobre los cambios climáticos del pasado.

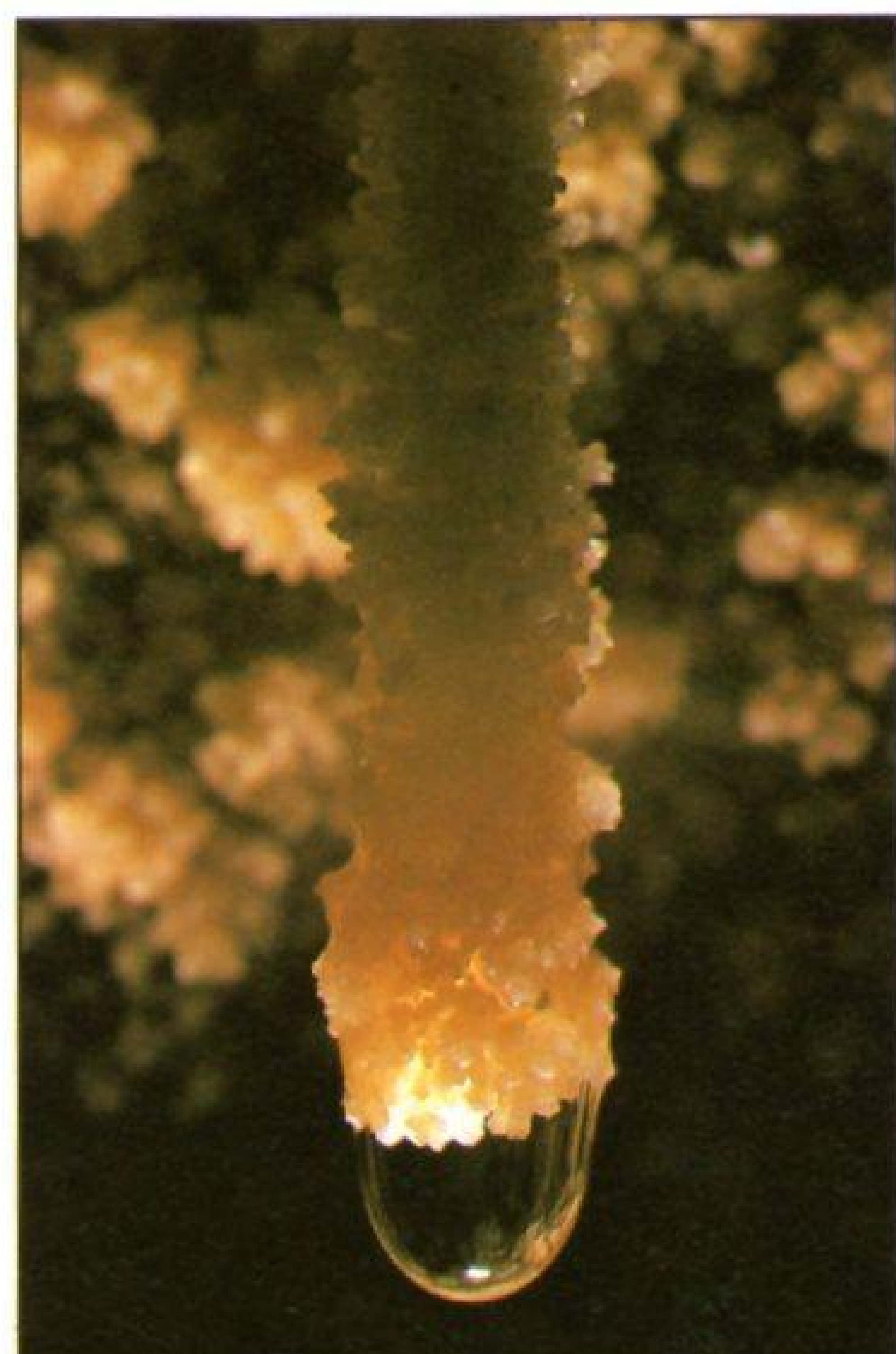


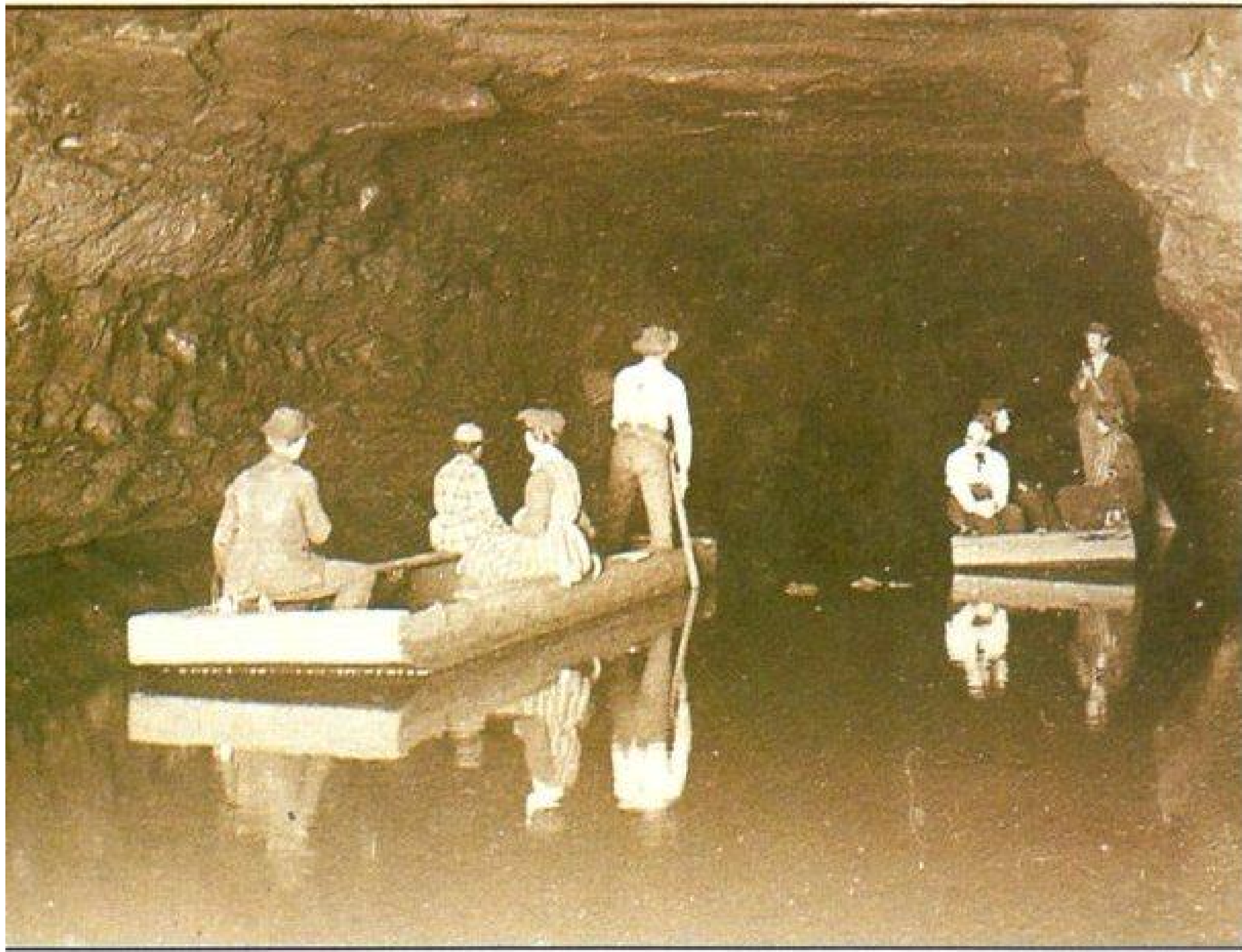
Se puede precisar la edad de estas formaciones por un método conocido como datación por el desequilibrio serial del uranio. Cuando la calcita se deposita contiene uranio. A lo largo del tiempo, uno de sus isótopos (el uranio 234) se desintegra, convirtiéndose en torio 230. La proporción de los

Del techo de la cueva de Craig ar Ffynnon, Gales, cuelgan delicados tubitos calizos (arriba). *Este tipo de estalactitas huecas se forma por sedimentación de la calcita en torno a las gotas que van cayendo del techo. Si el tubo queda taponado, el agua corre por fuera, el tubo se hace más grueso y se forma una estalactita* (abajo).



El agua y el tiempo unen sus fuerzas para crear las espectaculares formaciones de las cavernas calizas.





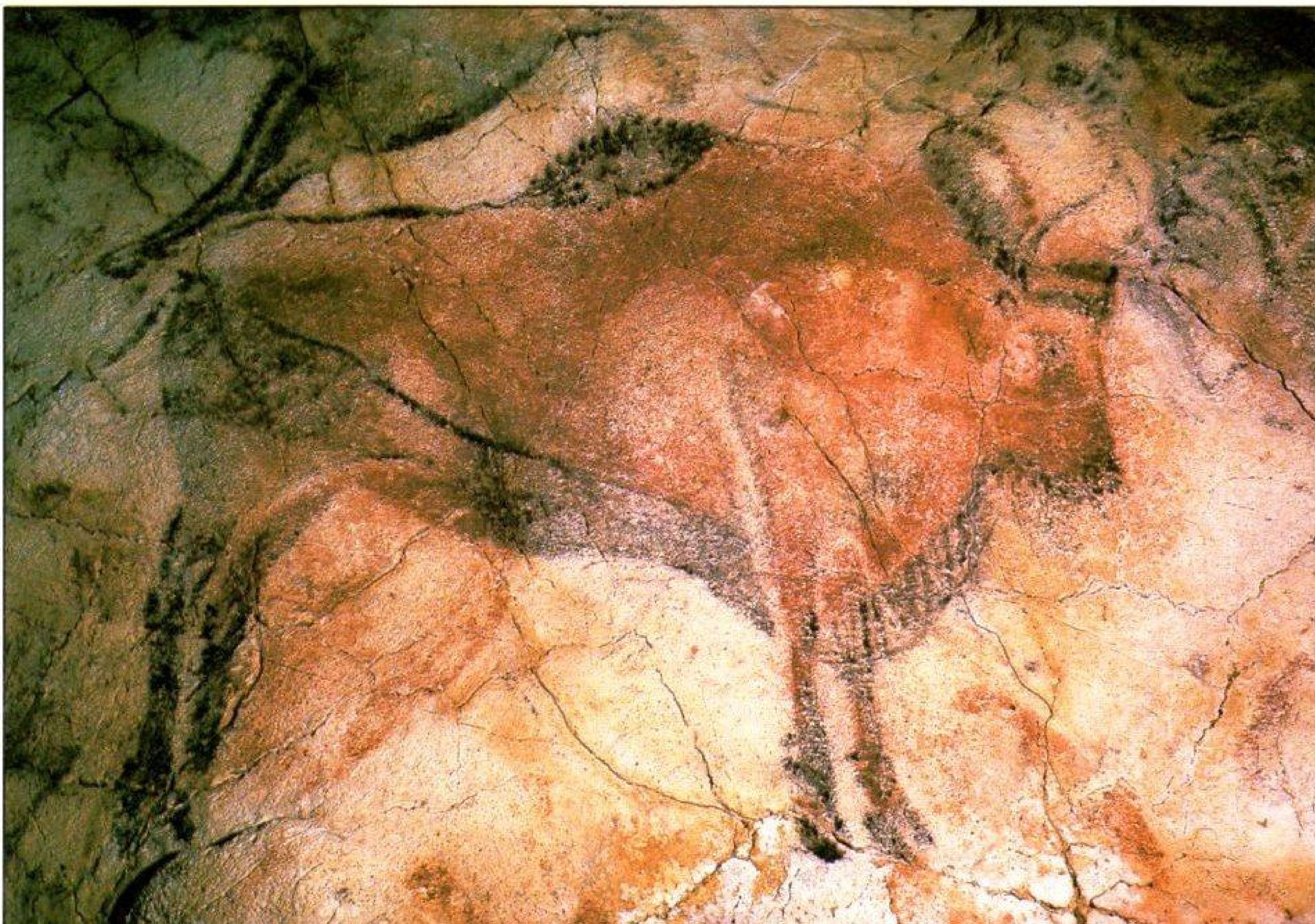
La mayor parte de la gente siente una mezcla de miedo y fascinación ante el tenebroso mundo subterráneo, y las cavernas constituyen, desde hace mucho, una importante atracción turística. Esta fotografía de un recorrido en bote por el Río del Eco, en el gigantesco sistema de cavernas de Kentucky, se tomó a finales del siglo pasado.

distintos isótopos indica el tiempo transcurrido desde que se depositó el material. Con este método, los científicos han logrado determinar, por ejemplo, que los pasadizos «fósiles» de Sarawak, situados a sólo 30 m por encima del suelo actual del valle fluvial, tienen más de 350.000 años de edad. Las dataciones realizadas en los niveles más altos de la cueva del Ciervo indican una antigüedad de casi dos millones y medio de años, lo cual explica su enorme tamaño.

Con el tiempo, la mayor parte del espacio vacío se va llenando de formaciones subterráneas a causa de la deposición en las cavernas abandonadas por las corrientes que las crearon. A esto hay que añadir el hundimiento de los techos y la acumulación de sedimentos arrastrados desde la superficie. En estos sedimentos acumulados a la entrada de las cavernas se han encontrado señales de ocupación humana: restos de huesos y plantas, utensilios abandonados y fragmentos de cerámica, que nos permiten seguir el progreso de la humanidad a través del tiempo.

Todo aquél que se haya adentrado en una caverna o haya explorado un laberinto de pasajes subterráneos ha tenido que sentir su influencia. Es la misma sensación de maravilla y temor supersticioso que debieron sentir los primitivos cavernícolas, y que se aprecia en sus pinturas. Pensemos en aquellas gentes, refugiadas en las profundidades de la tierra, alumbrándose sólo con la vacilante llama de una tea de paja o una humeante lamparilla de aceite, que engendraron entre las sombras miles de imágenes: caballos, bisontes, ciervos saltando por el techo y corriendo por las paredes hasta perderse en la oscuridad. Aun ahora, cuando se contemplan sus pinturas rupestres se experimenta el mismo asombro maravillado, y se siente la fuerza de este arte primitivo.

¿Qué impulsó a aquellas gentes a aventurarse en las tinieblas y penetrar bajo tierra, a veces a profundidades considerables? Es posible que las pinturas representen las piezas que el cazador esperaba matar; pero también podría tratarse de símbolos de la tribu o familia; e incluso, en el caso de las manos estampadas, puede que sólo fueran un modo de expresar la identidad personal: una manera de decir «Yo estuve aquí». Sin embargo, lo más probable es que tuvieran un significado ritual y representaran imágenes de un mundo espiritual. Seguramente, jamás se resolverá el misterio: la respuesta se perdió al desaparecer la raza que pintó las imágenes.



Las pinturas rupestres que decoran las paredes y los techos de las cuevas de Altamira, Cantabria, deberían tener algún significado místico para el artista que las pintó.

Explorar cavernas es tarea difícil y peligrosa. El pozo de entrada a las cavernas de Calf Holes («agujeros del ternero») en Yorkshire es un foso vertical, oscuro y lleno de agua, y el espeleólogo tiene que usar una escala resistente, con peldaños metálicos, cable de seguridad y casco. Pero el principal elemento de seguridad es una buena labor de equipo.



La vida en la Tierra

Entre todos los planetas del sistema solar, la Tierra parece ser el único capaz de mantener seres vivos. La existencia de vida en nuestro planeta constituye en sí misma un profundo misterio, no menos intrigante por el hecho de que biólogos y climatólogos hayan logrado desentrañar algunos de los factores que determinaron dicha existencia.

La vida se desarrolla en el seno de la «biosfera», un concepto tan sencillo como hermoso. Este volumen casi esférico de espacio que rodea el planeta no mide más que 27 km de espesor, a pesar de lo cual contiene más de un millón de especies de seres vivos. Sus límites se encuentran a unos 11 km bajo el nivel de los océanos más profundos y a unos 16 km por encima de la superficie, en la estratosfera, donde flotan esporas y granos de polen.

Desde que la superficie o corteza de nuestro mundo se solidificó, hace más de cuatro mil millones de años, gran parte de la historia del planeta ha estado ligada a la historia de la vida, que comenzó poco después de que se formaran los océanos: en efecto, se han encontrado microfósiles que demuestran que ya existían en los océanos seres semejantes a las bacterias hace más de tres mil millones de años. Y es muy posible que ya antes existieran en los océanos otros seres vivos, demasiado pequeños y efímeros como para haber dejado huellas apreciables en las rocas. Desde aquellos primeros tiempos, en cada etapa de la historia de la Tierra se ha producido una misteriosa interacción entre el mundo físico y sus habitantes vivos.

La misma atmósfera que hoy respiramos ha sido elaborada por los organismos vivos. La atmósfera primitiva no contenía oxígeno: este gas comenzó a acumularse después de la aparición de los organismos con clorofila, cuyos primeros representantes fueron las minúsculas algas verdeazuladas.

Gracias al proceso de fotosíntesis, estos organismos podían captar dióxido de carbono y, como resultado de su metabolismo, expulsaban oxígeno.

Así, el oxígeno que existe en la actual biosfera se ha ido acumulando a lo largo de los milenios gracias a que las algas, y sus descendientes más evolucionados, han producido cantidades inmensas de este gas.

Los animales, que dependen del oxígeno para vivir, no pudieron evolucionar hasta que la atmósfera hubo acumulado una cantidad suficiente. Hemos encontrado restos de incontables generaciones de animales que nos precedieron, y que han quedado como recordatorio de nuestro misterioso pasado evolutivo. Muchas de las rocas que pisamos no son otra cosa que los esqueletos reciclados de minúsculas criaturas marinas. La pared reluciente de un acantilado calcáreo es el producto de la acumulación de trillones de esqueletos de diminutos animales unicelulares. La sílice de ese mismo acantilado procede de las esponjas, que la extrajeron del agua de un océano ya desaparecido para construir su estructura corporal. El acantilado es un microcosmos donde se despliega el inexorable flujo existente entre el planeta y la vida que alberga.



El celacanto se creía extinguido hasta que se capturó un ejemplar en 1938.

Cuando se considera la vida desde esta perspectiva amplia y totalizante, la historia de los organismos actuales se funde con la de los que vivieron hace miles o millones de años, en una cadena continua. El estudio de los organismos que nos rodean puede enseñarnos mucho acerca de las complejidades de la vida.

Pero podemos aprender mucho más analizando los restos fósiles de organismos que se extinguieron hace mucho tiempo. El estudio de los fósiles ha dejado de ser una exclusiva de vetustos profesores anclados en el pasado, para convertirse en una fascinante ventana desde la que contemplar el misterioso despliegue de la vida en nuestro planeta.

Perfección fósil

Los seres humanos vemos aquello que estamos condicionados para ver. Nuestra atención se centra en lo que conocemos, y nuestra interpretación del mundo que nos rodea está influida por la experiencia. Esto resulta especialmente cierto en el estudio de los fósiles, los restos misteriosamente conservados de antiguas formas de vida.

En la actualidad, casi todo el mundo sabe que los fósiles son fragmentos de organismos extinguidos, petrificados y conservados en el interior de las rocas. Hay fósiles por todas partes. Los acantilados, las rocas del campo y de la costa, las canteras y las montañas están repletos de ellos. Incluso es posible buscar fósiles en plena ciudad.

Por ejemplo, muchos de los imponentes edificios del centro financiero de Londres están construidos con piedra caliza de Portland o de Purbeck, localidades del sur de Inglaterra. Al pasar la mano por sus muros, estamos tocando los restos de moluscos, ammonites y corales del período jurásico. Estos fósiles tienen más de 150 millones de años, y resulta asombroso que podamos contemplar directamente formas de vida de una época tan inconcebiblemente antigua.

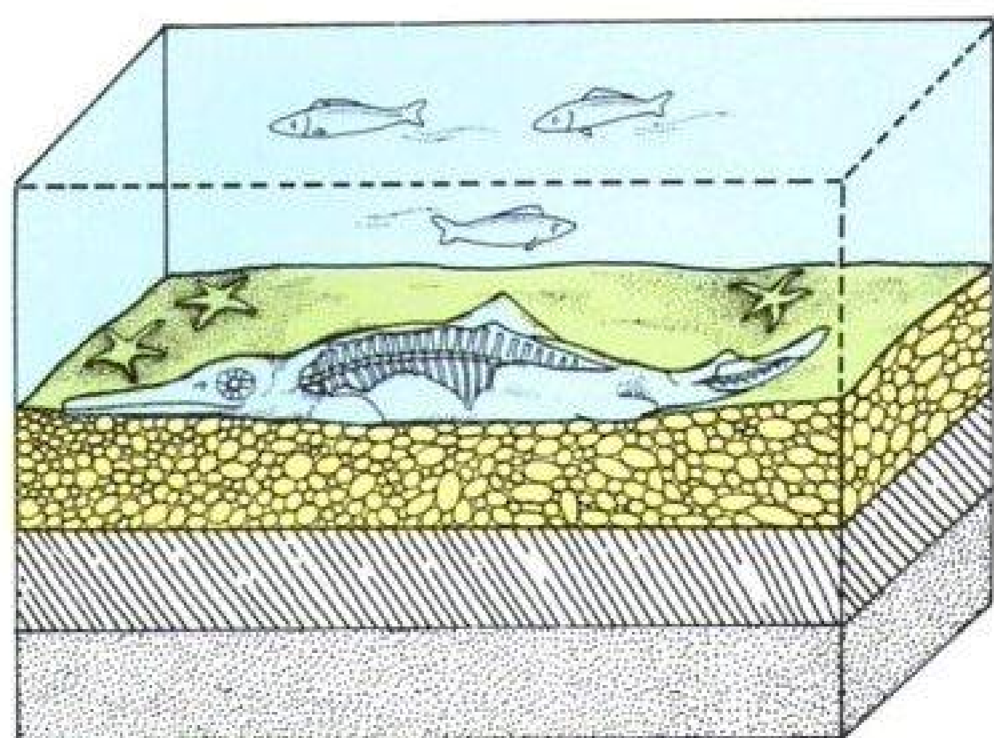
La idea misma de que la Tierra, sus rocas y los fósiles que éstas contienen sean tan antiguos es relativamente reciente. Durante casi 1.800 años, el pensamiento europeo estuvo dominado por las doctrinas y creencias cristianas, y se tendía a aceptar la interpretación literal de la cronología implícita en el libro bíblico del Génesis, que situaba la creación del mundo y sus criaturas en el año 4004 a. C.

En semejante contexto, los fósiles estaban considerados como artefactos de antiguas culturas, residuos de acontecimientos bíblicos «conocidos», como el Diluvio, o productos milagrosos de origen más reciente. Por ejemplo, se creía que los numerosos ammonites del jurásico que se encuentran en la bahía de Robin Hood, en la costa de Yorkshire, Inglaterra, pertenecientes al género *Dactylioceras*, eran feroces serpientes convertidas en piedra por la milagrosa interven-

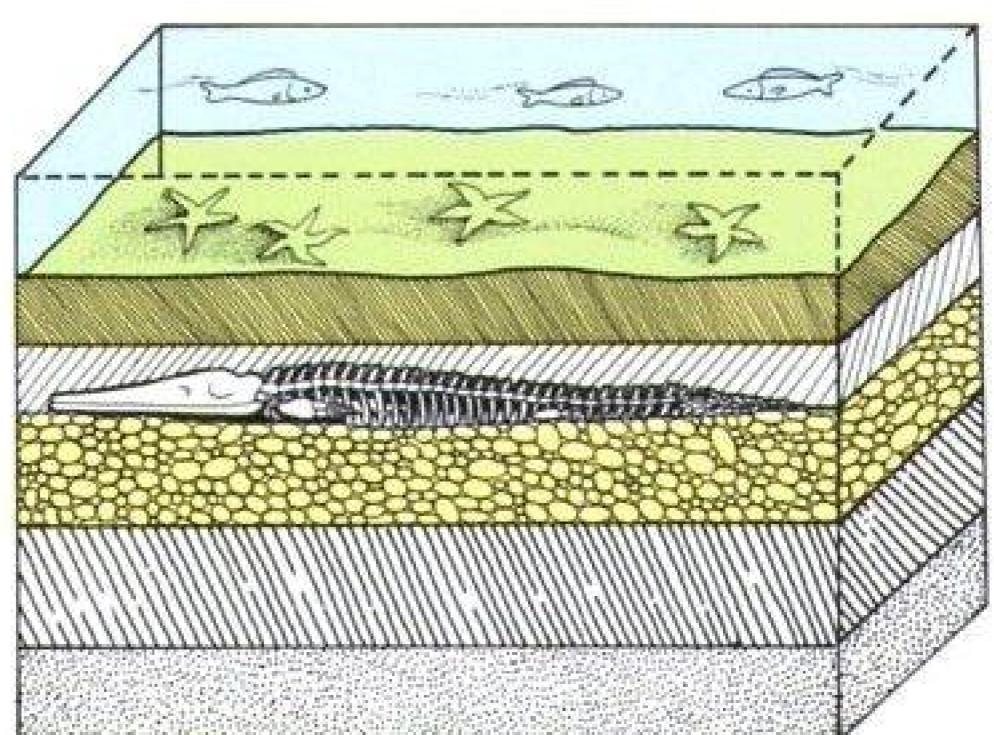


En la playa de Charmouth, perteneciente a la costa de Dorset, Inglaterra, se puede apreciar la increíble abundancia de formas de vida que existieron en el pasado y las ingeniosas y elegantes adaptaciones que les permitieron sobrevivir durante millones de años. Incrustados en la dura caliza azul (lías), que el tiempo y el océano van erosionando sin cesar, se ven los fósiles de innumerables ammonites, cuyo único pariente vivo es el nautilus. La concha espiral protegía al ammonite y a la vez lo mantenía a flote, ya que los segmentos posteriores, que quedaban vacíos al crecer la concha, estaban huecos, y actuaban a manera de tanques de flotación que podían llenarse de agua a voluntad.

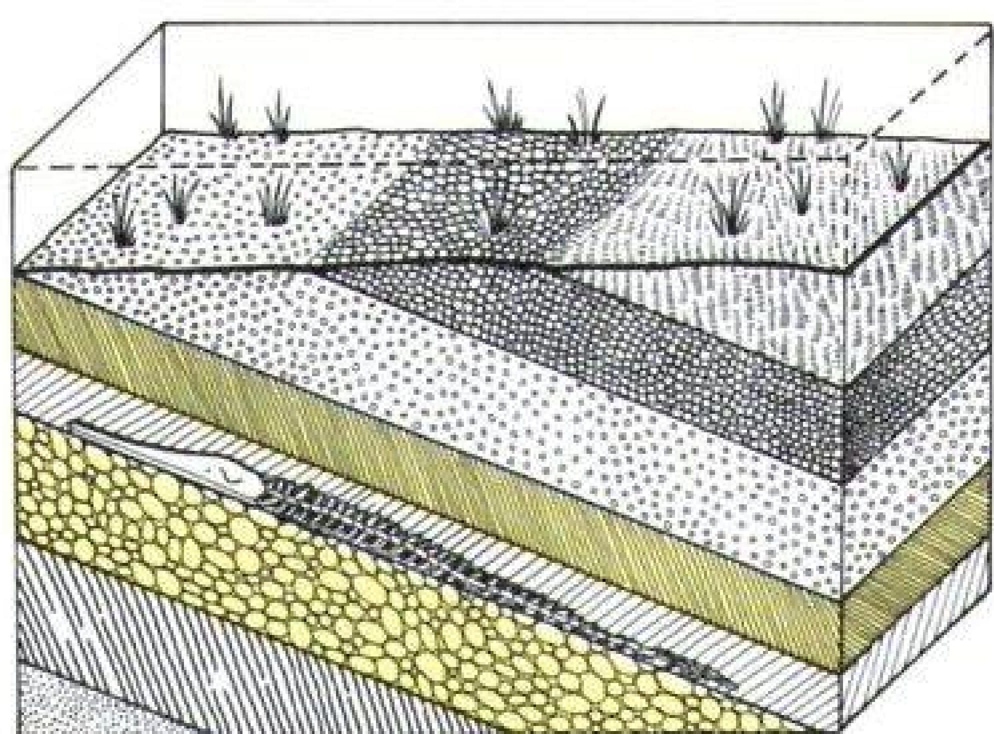




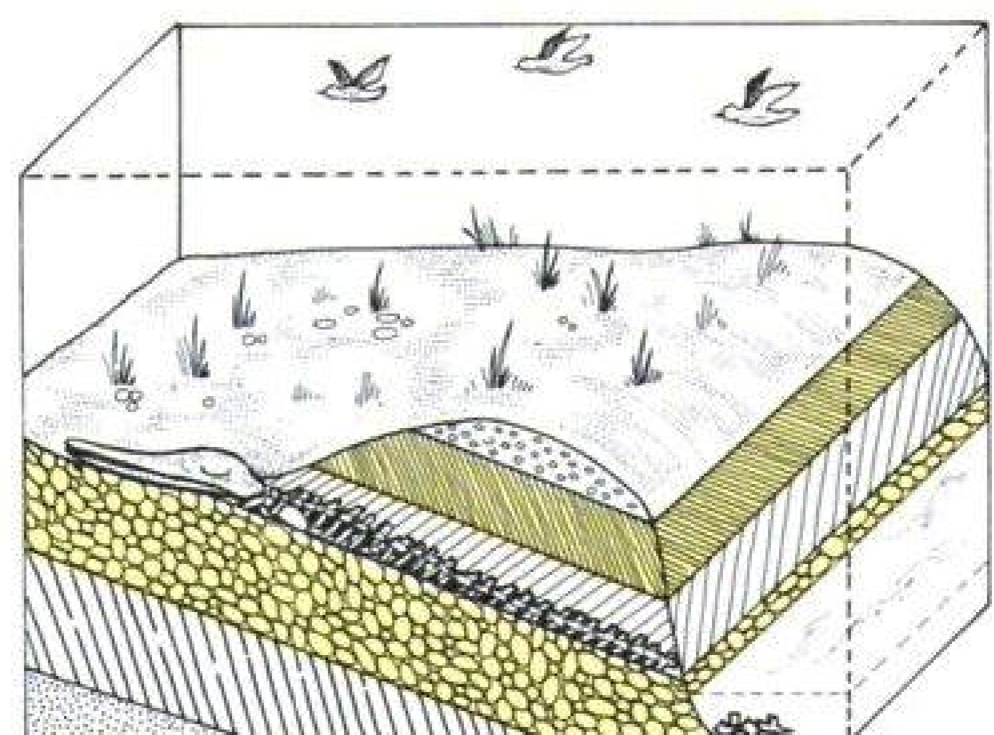
Un ictiosaurio muerto cae al fondo del mar. La carne se descompone, pero las partes óseas perduran.



El esqueleto queda cubierto por capas de sedimentos, y los minerales del mar van sustituyendo poco a poco al hueso.



El esqueleto fosilizado, cubierto ahora por tierra firme, es comprimido y deformado por los movimientos de la tierra.



La erosión desgasta la roca, y parte del ictiosaurio fósil queda al descubierto.

ción de santa Hilda. En la Edad Media, algunos canteros llegaron incluso a «perfeccionar» el trabajo de la geología, tallando cabezas y ojos de serpientes en los restos de estos antepasados del calamar. La gente veía en los fósiles lo que quería ver.

Sin embargo, la ciencia moderna se inclina unánimemente por un origen de la Tierra mucho más antiguo. La base intelectual de esta idea surgió entre finales del siglo XVIII y mediados del XIX, y el primero en defenderla fue el escocés James Hutton (1726-1797), que publicó en 1795 *La teoría de la Tierra*, un tratado clásico de geología que inició el inexorable retroceso en el tiempo de los orígenes de nuestro planeta.

Hutton sostenía que aún es posible observar en acción los mismos procesos que crearon las rocas sedimentarias, que ahora tienen miles de metros de espesor. Había deducido que la acumulación de sedimentos en el fondo de los océanos y su posterior compresión por el peso de nuevas capas de sedimentos bastaban para explicar la formación de las rocas que ahora vemos. Conociendo la terrible lentitud con la que tienen lugar los procesos de sedimentación contemporáneos, Hutton llegó a la conclusión de que el enorme espesor de las rocas sedimentarias implicaba un transcurso de tiempo igualmente enorme.

De pronto, los 6.000 años de historia planetaria se habían quedado lamentablemente cortos para explicar la formación de las rocas de la Tierra. El desarrollo de técnicas cada vez más avanzadas ha permitido la datación directa de las rocas. Conociendo el período de desintegración de ciertos átomos, se ha podido calcular la edad de las rocas, y estos cálculos han permitido elaborar una cronología inequívoca, que se remonta no a 6.000 años atrás, sino a más de cuatro mil millones de años en el pasado.

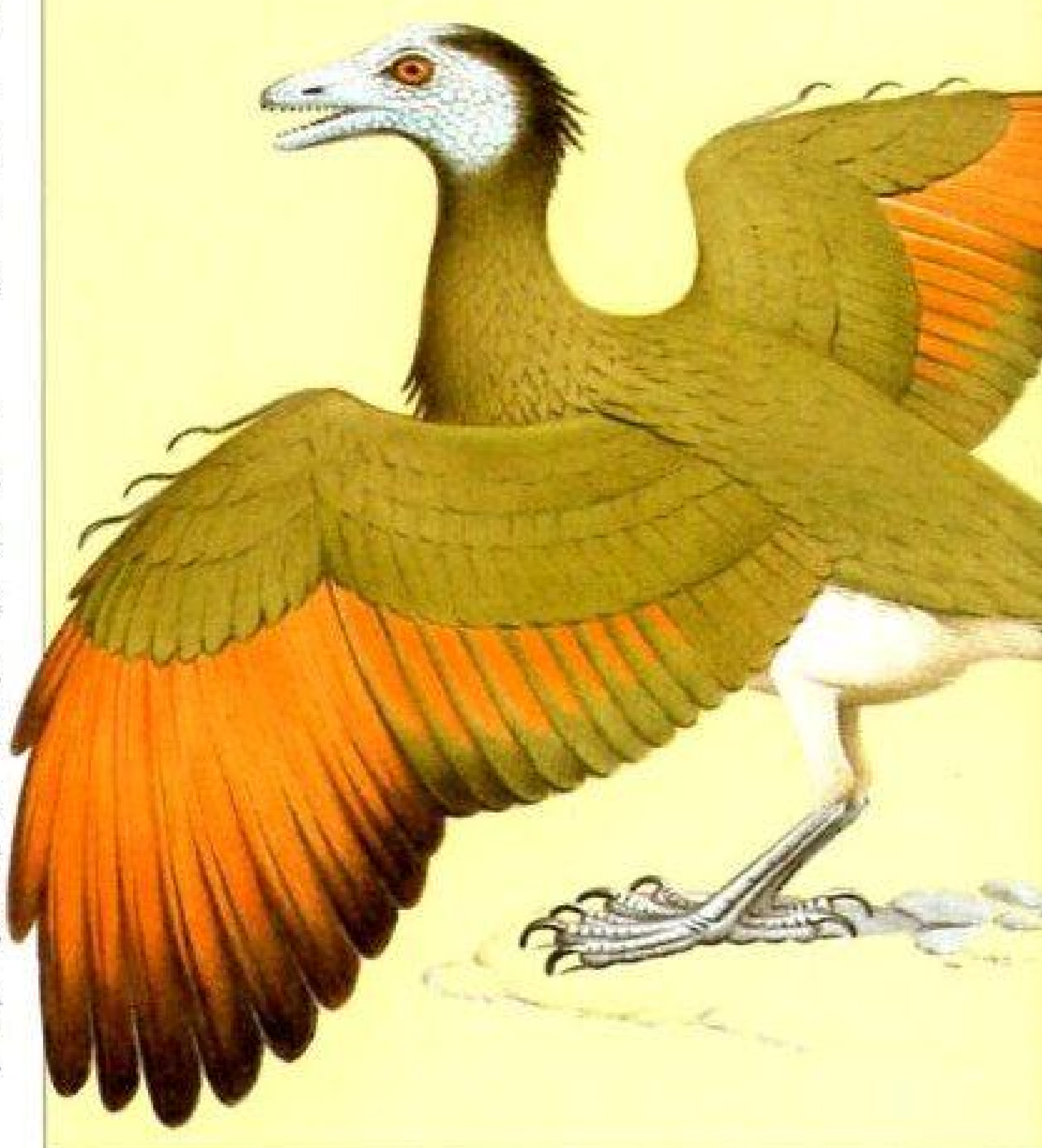
Esta cronología, en especial la de las rocas sedimentarias, ha facilitado también la datación de los fósiles. Si los restos de un ser vivo quedan atrapados en sedimentos que con el tiempo se convierten en roca, es lógico suponer que la roca y los fósiles que contiene se originaron al mismo tiempo. Así pues, los organismos concretos que aparecen fosilizados en una capa de roca permiten determinar con bastante precisión su posición en la escala cronológica.

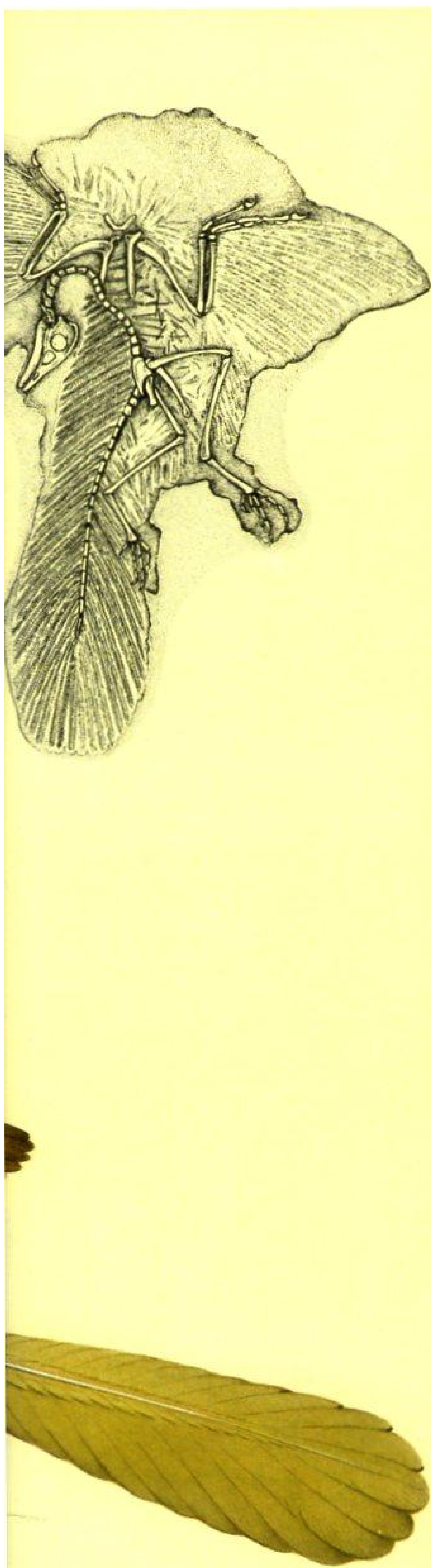
Los fósiles presentes en un estrato rocoso actúan en estos casos como una especie de «etiqueta de fábrica». Uno de los especialistas más importantes en las prospecciones petroleras es el micropaleontólogo, experto en los fósiles de minúsculos organismos planctónicos. Valiéndose de microscopios electrónicos y otros avances tecnológicos, este especialista analiza las muestras de roca extraídas a cientos de metros de profundidad y consigue datarlas con gran exactitud, basándose en los fósiles que encuentra en

La interpretación de los fósiles

Reconstruir la apariencia que tenía en vida un animal del que sólo conocemos un esqueleto fosilizado hace millones de años es un proceso largo y difícil. A menudo, su descubrimiento es cuestión de pura suerte. Una vez descubierto, lo primero es desenterrar el fósil y separarlo de la roca sedimentaria en la que está incrustado. A continuación, es preciso identificar y corregir las distorsiones provocadas por la compresión y las deformaciones de la roca que contiene el fósil. Por último, conociendo la posición de los músculos y otras partes blandas por las señales de inserción en los huesos, y mediante la comparación con organismos vivos, se puede proceder a «reconstruir» el cuerpo.

En el caso del *Archaeopteryx*, un ave primitiva cuyos restos fósiles se encontraron en Sölnhofen, sur de Alemania, incrustados en caliza de grano fino de finales del jurásico —hace entre ciento noventa y cinco y ciento treinta y cinco millones de años—, se han podido añadir hasta las plumas, que habían quedado impresas en la roca.





ellas. El tipo de fósil puede indicar, además, si es probable que exista una bolsa de petróleo cerca de la roca estudiada.

El registro fósil es un maravilloso libro sobre las formas vivas del pasado; pero se trata de un libro escrito en varios idiomas y al que le faltan muchas páginas. Los vacíos se deben a factores muy diversos y garantizan que siempre existirá un cierto grado de incertidumbre y misterio en la imagen de la vida que los fósiles ofrecen.

En muchas zonas del mundo, gran parte de la roca sedimentaria de ciertos períodos concretos ha sido destruida por la erosión, y los fósiles que aquellas rocas pudieran contener se han perdido para siempre. Pero la erosión no es la única fuerza destructiva capaz de ocasionar la desaparición de los fósiles: lo mismo sucede cuando las rocas sedimentarias se ven sometidas a condiciones extremas de calor y presión, que las transforman en rocas metamórficas.

El «mensaje» de los fósiles depende de la situación en la que se produjo la deposición de sedimentos. Por lo general, ésta tiene lugar en el fondo de los mares y lagos, por lo que disponemos de innumerables fósiles de organismos acuáticos del pasado. También se produce en paisajes arenosos barridos por el viento, y entonces tenemos fósiles de regiones áridas. Pero en una selva tropical, por ejemplo, no hay sedimentación, ya que los organismos muertos se descompo-



En La Brea se han encontrado más de 2.000 ejemplares de tigre de dientes de sable, Smilodon californicus. *Su poderoso cuello y su enorme cabeza, con unas mandíbulas que se abrían más de 120°, permitían al* Smilodon *clavar sus terribles dientes en el cuello de sus víctimas.*

nen o son consumidos con gran rapidez. Por eso los fósiles de estos hábitats son muy escasos.

Para poder aspirar a figurar en la lista de fósiles, un organismo tiene que tener partes duras. Los tejidos blandos de animales y plantas se descomponen con rapidez, y por lo general sólo quedan los caparazones, escamas, huesos, dientes y otras partes esqueléticas duras.

Pero los vacíos existentes en el registro fósil del planeta no son nunca totales, gracias a lo que un paleontólogo ha llamado «milagros geológicos». Se trata de combinaciones excepcionales de circunstancias que, de vez en cuando, han permitido la conservación de tejidos blandos con bastante fidelidad a su forma original. También se producen casualidades que permiten la fosilización de animales cuyas posibilidades de participar en un proceso sedimentario eran ínfimas.

Uno de los mejores ejemplos de perfección fósil es la pizarra de Burgess, en la Columbia Británica, Canadá. Esta roca estratificada, extraordinariamente antigua, se formó en el período cámbrico y entre sus estratos podemos distinguir las formas perfectamente definidas de animales que vivieron hace más de 500 millones de años. El finísimo grano de la pizarra ha conservado fosilizadas las partes duras y blandas de muchos invertebrados.

Los trilobites incluidos en esta roca, por ejemplo, están tan bien conservados que se pueden distinguir todos sus apéndices, las facetas de los ojos y, en algunos casos, incluso el contenido de sus intestinos en el momento de morir, hace 500 millones de años.

Algunos de los animales contenidos en la pizarra no pertenecen a ninguna de las categorías que hoy conocemos. Parecen «experimentos» de la naturaleza que pronto se extinguieron sin dejar parientes que sobrevivieran.

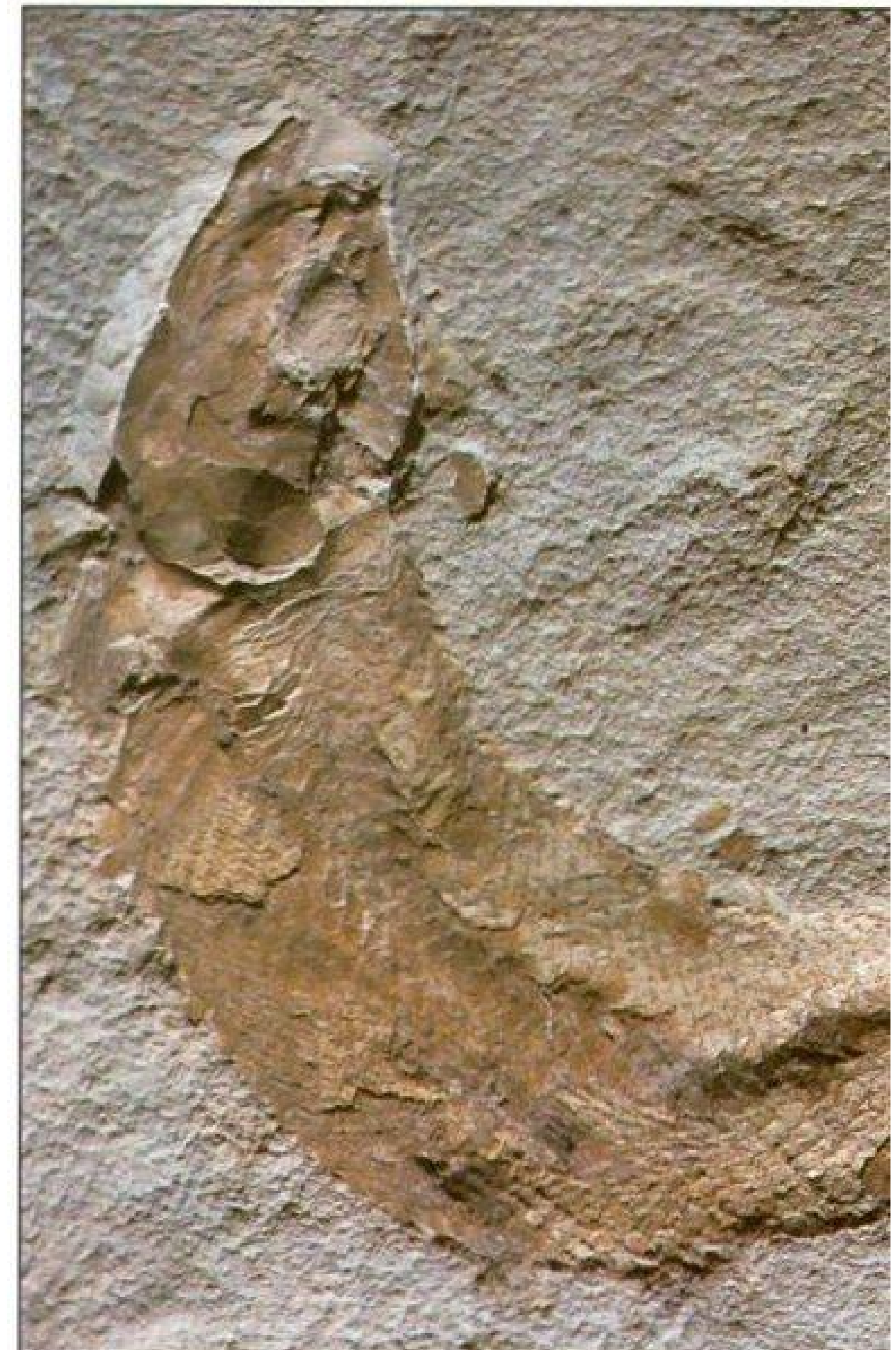
Otros milagros geológicos se deben a diferentes tipos de fosilización casual. Uno de estos casos es el de los pozos de alquitrán de La Brea, Los Ángeles, formados hace unos 25.000 años, cuando el petróleo crudo afloró a la superficie y, al evaporarse sus componentes volátiles, quedó formando charcas viscosas. El agua acumulada en aquellas charcas de aspecto inocente debía atraer a muchos animales, entre ellos elefantes y megaterios, cuyos enfrentamientos debieron atraer a su vez a los carnívoros: tigres de dientes de sable, lobos y buitres. Todos quedaron atrapados en el alquitrán y perecieron en él, quedando sus huesos inmunizados contra los procesos normales de descomposición.

También se han conservado insectos, arañas y hasta ranas arborícolas, incluidos en el ámbar que se formó hace 70 millones de años a partir de la resina de los árboles. Y aunque mucho más recientes, pues vivieron durante el último período glacial, hace sólo unos pocos miles de años, no hay que olvidar a los mamuts congelados de Siberia, que conservan intactos la piel y el pelo.

Con accesorios muy sencillos, como un bote con fondo transparente o unas simples aletas y una máscara de buceo, podemos acceder al increíble mundo de un arrecife de coral. De manera similar, los fósiles contenidos en las rocas pueden revelarnos, si sabemos mirar, el no menos misterioso y fascinante mundo perteneciente a los organismos del pasado.

Entre los fósiles más curiosos figuran los de insectos que quedaron atrapados en la resina de un árbol, como esta mosca de hace 500 años, englobada en copal, que ha conservado perfectamente sus alas transparentes y sus enormes ojos facetados.

Este fósil de Thrissops formosus, *con sus escamas y aletas casi intactas, corresponde al final del período cretácico, hace unos 65 millones de años. Este pez depredador, de unos 60 cm de longitud, es un probable antepasado de los modernos peces de agua dulce de lengua ósea, como el* Hiodon alosoides *de América del Norte.*





Extinción de los dinosaurios

La extinción es una ley de vida. No transcurre un año en el que no se extingan algunas especies de organismos, de los millones que pueblan nuestro planeta, al morir el último de sus miembros. Pero el caso que más ha excitado la imaginación humana es, sin duda, la misteriosa y total desaparición de los reptiles prehistóricos que llamamos dinosaurios.

Numerosas teorías han tratado de explicar la extinción de los dinosaurios. Algunas de estas hipótesis se ajustan a los hechos conocidos por la paleontología. Otras pertenecen al campo de la pura especulación, sin tener apenas en cuenta las pruebas existentes.

Por lo general, la extinción sólo afecta a las especies menos capaces de adaptarse a los cambios ambientales o a la presencia de nuevos competidores; y en términos evolutivos, tiene la ventaja de dejar paso a especies nuevas y mejor adaptadas. Pero hace unos 66 millones de años se produjo una extinción muy diferente, en la época en que el período cretácico, la era de los reptiles, cedía el paso al terciario, la era de los mamíferos.

La extinción afectó a una extensa gama de organismos, tanto terrestres como marinos, pero los más afectados fueron los dinosaurios, ya que desaparecieron las 19 familias de dinosaurios existentes, además de las dos familias de pterosaurios o reptiles voladores de alas coriáceas. En los océanos se produjo una devastación similar.

Los ammonoideos, animales semejantes al moderno nautilus, que llevaban existiendo más de 300 millones de años, se extinguieron por completo. Igual suerte corrieron los grandes lagartos marinos conocidos como mosasaurios, muchos tipos de crinoideos, erizos de mar, corales formadores de arrecifes, moluscos y más de la mitad de los pequeños organismos que forman el plancton marino.

Según se aprecia en el registro fósil, las extinciones no afectaron tan sólo a los animales. La diversidad vegetal se manifiesta



El impresionante y majestuoso esqueleto fósil de un Triceratops *nos hace dramáticamente conscientes de la catastrófica desaparición de los dinosaurios. Para tratar de explicar el misterio de la extinción de estos gigantes que dominaron la Tierra durante 140 millones de años —y de otros muchos organismos que corrieron su misma suerte—, se han propuesto numerosas teorías. Poco a poco, se van reuniendo pistas que contribuyen a esclarecer algunos aspectos de la catástrofe, pero el misterio central sigue resultando desconcertante.*



con gran claridad en las esporas y el polen, que se conservan mejor que las frágiles hojas y flores. En América del Norte, los estratos rocosos correspondientes a la transición entre el cretácico y el terciario (la llamada «frontera K/T») indican la repentina desaparición del 75 por 100 de los tipos de polen de flores, y un aumento del 15 al 99 por 100 en la cantidad de esporas de helechos.

Un proceso de extinción tan espectacular no pudo deberse a los procesos normales de evolución y desplazamiento competitivo. Tuvo que producirse algún cambio mucho más drástico, y es natural que los primeros investigadores que abordaron el tema pensaran en una alteración climática anormalmente brusca y violenta. Y en efecto, existen indicios de que tuvo lugar un trastorno semejante.

En la frontera K/T, las plantas de hojas anchas y simples, características de los ambientes cálidos, se hicieron más escasas, mientras proliferaban las hojas de bordes dentados o aserrados, que son contornos típicos de ambientes más fríos. Los estudios de los sedimentos marinos revelan que también disminuyó considerablemente la cantidad de plancton vegetal, otro dato que apunta a un descenso de las temperaturas. Y la disminución del plancton podría muy bien explicar las extinciones de numerosos animales marinos, situados más arriba en la cadena alimentaria.

Algunos científicos han levantado un dedo acusador hacia la luna, señalándola como la causa de las extinciones. Las rocas de la época presentan una gran abundancia de microtectitas, diminutas esferas cristalinas de origen volcánico, que parecen indicar que al final del período cretácico la actividad volcánica en la luna hizo caer sobre la Tierra una lluvia de estas partículas, que al penetrar en la atmósfera terrestre pudo bloquear la luz solar lo suficiente como para provocar un enfriamiento global, que supuso el golpe de gracia para los dinosaurios.

La primera evidencia directa de una posible causa se obtuvo en 1981. Aquel año, Luis y Walter Álvarez, de la Universidad de California en Berkeley, que se encontraban en Italia estudiando sedimentos depositados durante la transición del cretácico al terciario, descubrieron una capa de arcilla de 13 mm de espesor que contenía una concentración anormalmente alta de iridio y osmio, dos elementos muy raros en las rocas formadas en la Tierra, pero abundantes en los meteoritos.

Las investigaciones realizadas en otras partes del mundo han revelado que otras rocas del mismo período, estudiadas en zonas tan alejadas como Dinamarca, Nueva Zelanda y el fondo del océano Pacífico, presentan también elevados niveles de iridio y osmio. Además, la capa de arcilla que delimita estos sedimentos terrestres presenta un contenido de hollín de 100 a 10.000 veces superior al normal, e incluso fragmentos de materia vegetal calcinada, lo que parece indicar que en aquel período se produjeron devastadores incendios forestales. Por último, los sedimentos mostraban señales de impacto, consistentes en granos de cuarzo y otros minerales con finas estrías cruzadas, como las que se encuentran en rocas sometidas a una colisión violenta.

Todos estos indicios parecen indicar que las extinciones de la frontera K/T se debieron a la caída en la Tierra de uno o varios meteoritos gigantes. El impacto habría iniciado grandes incendios en la vegetación aplastada, a la vez que arrojaba a la atmósfera nubes de polvo y cenizas, capaces de ocultar el sol y alterar el clima durante muchos años.

Si esta teoría es correcta, ¿dónde se encuentra entonces el enorme cráter que se debió formar cuando cayó el meteorito? Si se trató de uno solo, tuvo que ser gigantesco, de unos 10 km de diámetro, para haber producido todo el iridio que se encuentra distribuido por el mundo. Y un meteorito tan enorme habría abierto un cráter de 100 km de diámetro. Los granos de mineral que presentan señales de impacto son más abundantes en América del Norte, por lo que parece lógico empezar a buscar allí el cráter producido por el fatídico asteroide.

Uno de los primeros candidatos, el cráter del Meteoro, en Arizona, no tiene más que unos miles de años de antigüedad, por lo



Thescelosaurus

Pteranodon

En la «frontera K/T» se extinguieron numerosas familias. En la de los mosasaurios desapareció el lagarto marino Platecarpus. *Entre los dinosaurios terrestres, el* Thescelosaurus, *un herbívoro que vivía en manadas como los ciervos modernos, y el* Tyrannosaurus, *el mayor carnívoro que jamás ha existido. También se extinguieron los pterosaurios, reptiles voladores como el* Pteranodon, *que medía 7 m de envergadura.*

Platecarpus

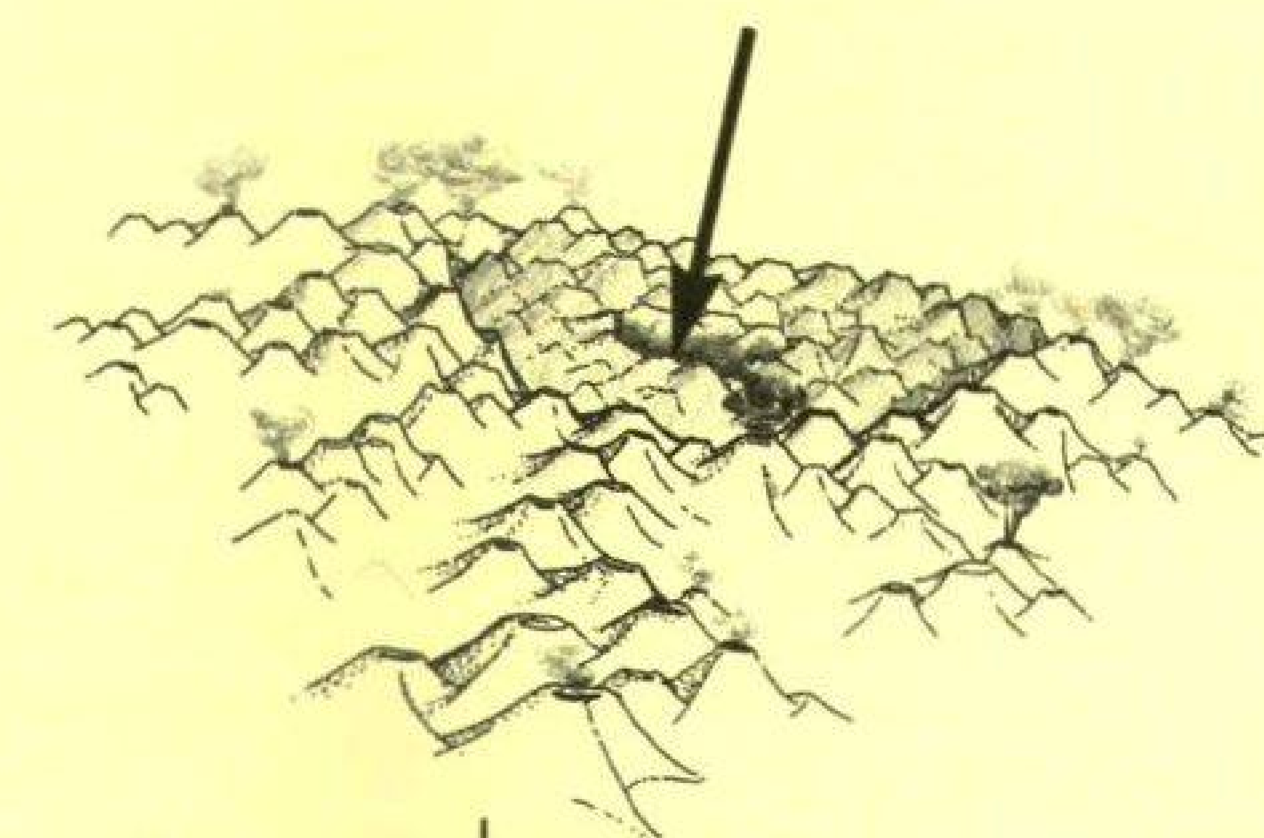
Cretácico	Terciario % de familias supervivientes
Dinosaurios	0%
Pterosaurios	0%
Quelonios	100%
Cocodrilianos	67%
Mamíferos marsupiales	33%
Mamíferos placentarios	75%
Otros mamíferos	75%
Lagartos y serpientes	107%
Mosasaurios	0%
Plesiosaurios	0%
Ammonites	0%
Erizos de mar	71%
Bivalvos	92%
Fitoplancton (general)	47%
Zooplancton (general)	13%

Tyrannosaurus

La meseta del Decán

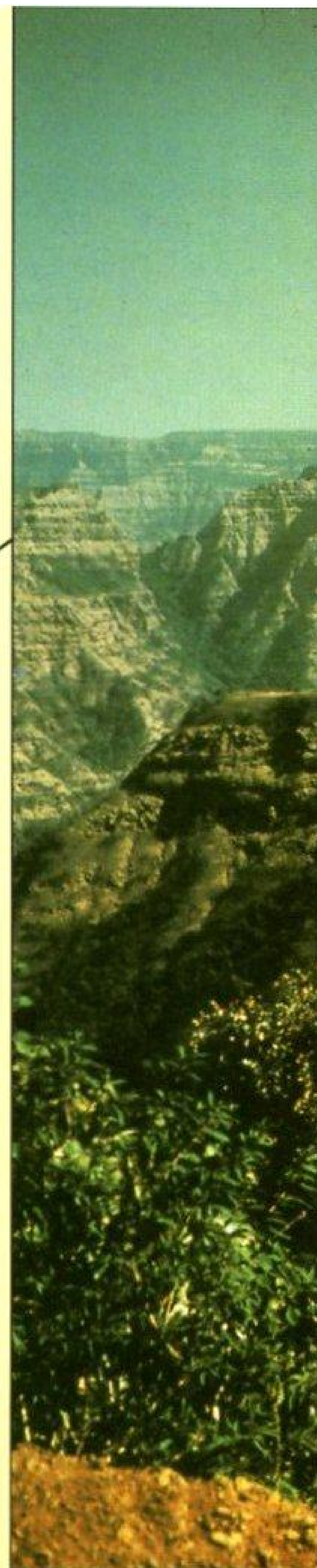
Todavía falta por encontrar una prueba fundamental a favor de la «teoría del meteorito gigante»: el punto de impacto. Si hubiera caído en el fondo del mar, las huellas habrían desaparecido ya en el margen destructivo de una placa tectónica durante los últimos sesenta y seis millones de años; pero si el meteorito cayó en tierra firme, tuvo que dejar un cráter enorme, en el que se apreciarían los efectos de la caída: cuarzo alterado por el impacto, hollín de los incendios y una elevada proporción de metales pesados, comunes en los meteoritos.

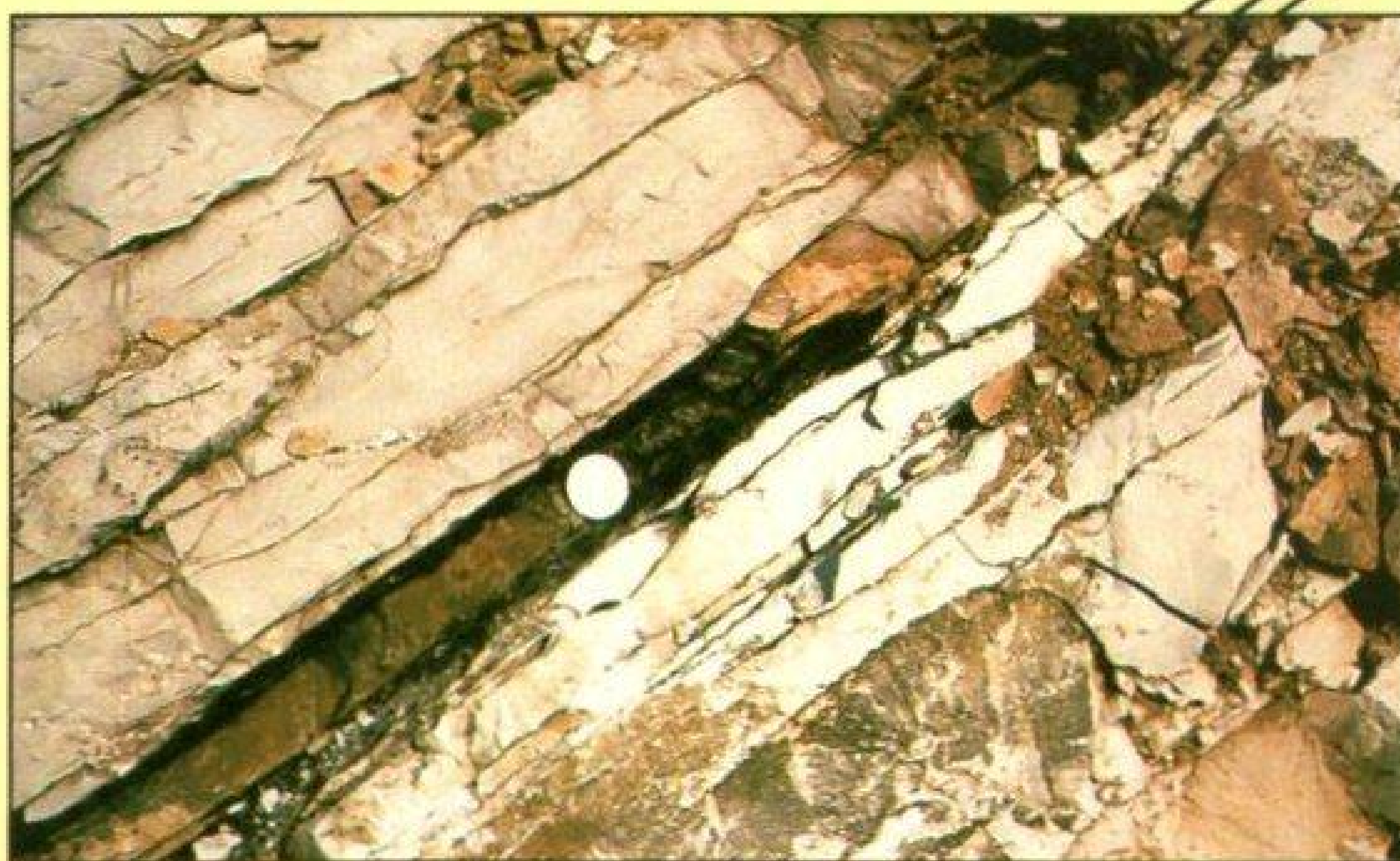
Un candidato con posibilidades es la meseta del Decán, en la India: se trata de una zona de lava solidificada en mesetas escalonadas, que se formó precisamente en la frontera K/T. Pero si el meteorito cayó aquí, ¿dónde está el cráter, que debería medir de 100 a 200 km de diámetro? Es posible que haya quedado borrado por la intensa actividad volcánica provocada por el terrible impacto.

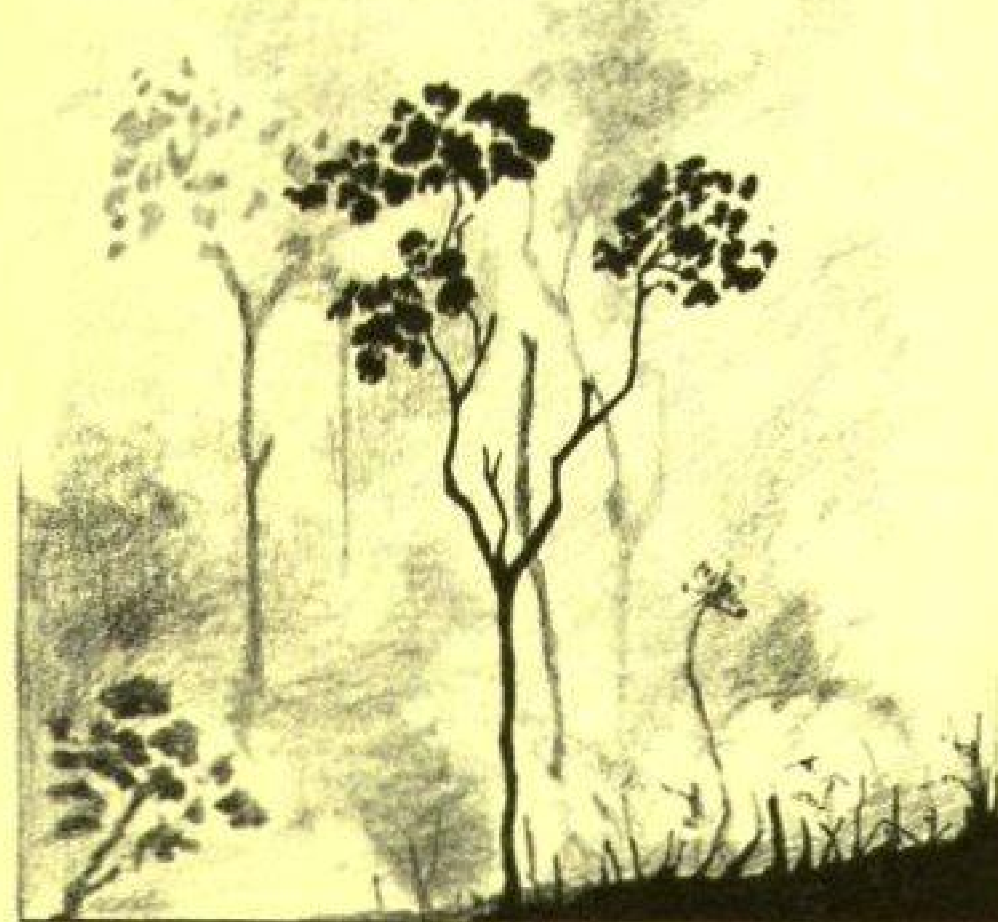


La caída de un meteorito gigante lanzaría a la atmósfera enormes cantidades de tierra y roca, y puede que llegara a fracturar la corteza, haciendo salir grandes masas de lava.

Si el impacto tuviera lugar en tierra, estallarían incendios forestales capaces de producir partículas de hollín como las que se aprecian en las arcillas del límite K/T.







Las capas de arcilla correspondientes a la frontera K/T contienen hollín y metales pesados.

que ha quedado descartado. Pero se ha identificado otro posible cráter, de la edad adecuada, cerca de la localidad de Manson, Iowa. Está cubierto por una capa de sedimentos de 30 a 90 m de espesor, depositados por los glaciares en épocas posteriores, que dificultan su estudio directo, pero su diámetro es de tan sólo 45 km, lo cual parece muy poco para haber provocado por sí solo las grandes extinciones.

Aunque es posible que el iridio y las señales de impacto en los minerales de la frontera K/T se deban a la caída de un meteorito, también hay científicos que opinan que la arcilla limitante y el osmio pueden proceder de erupciones volcánicas. Esta teoría se basa en el descubrimiento de cenizas volcánicas en varios puntos de la capa limitante, junto con otros minerales raros que sólo suelen encontrarse en altas concentraciones en las rocas volcánicas.

Resulta especialmente significativo que una de las principales zonas volcánicas del mundo, la meseta de Decán en la India, parezca haberse formado a consecuencia de una erupción ocurrida en la frontera K/T.

Es posible que las erupciones de la India se produjeran a consecuencia de la caída del meteoro, que habría penetrado de 20 a 40 km en la tierra, dejando al descubierto el magma, o rocas fundidas, del interior de la Tierra, haciéndolo surgir a la superficie en forma de lava. Esta teoría explicaría la mayoría de los cambios que parecen haber tenido lugar hace 66 millones de años, y representa un avance con respecto a teorías anteriores y más imprecisas.

Una cuestión fundamental que aún no tiene respuesta es la de la rapidez con que se produjeron los cambios. Resulta difícil calcular con exactitud el período de tiempo representado por la acumulación de sedimentos en la frontera K/T, y aún más difícil relacionarlo con el período durante el cual tuvieron lugar las extinciones en tierra y mar. ¿Duró cien años o cien mil? ¿Ocurrieron al mismo tiempo las extinciones en América del Norte, América del Sur y Aus-



La meseta volcánica del Decán abarca una extensión de 518.000 km².

tralia? Al no ser posible datar con absoluta precisión los sedimentos, no podemos estar seguros de que las últimas rocas que contienen fósiles de dinosaurios tengan la misma edad en todos los continentes, y es muy probable que la desaparición de los dinosaurios no fuera tan repentina como suele creerse.

Aunque aceptan la teoría del meteorito gigante, algunos científicos han sugerido que éste no provocó un «invierno nuclear», sino más bien un rápido calentamiento global. Si el meteorito cayó sobre rocas calizas, el impacto debió liberar en la atmósfera enormes cantidades de dióxido de carbono, que habría provocado un inmediato y violento efecto invernadero, o calentamiento del planeta. Tal vez fue esto lo que acabó con la era de los reptiles gigantes.

Según otra teoría, la causa principal de la extinción de los dinosaurios fue algún problema en la proporción de los sexos. Sabemos que en algunos reptiles modernos, como los cocodrilos, el sexo de la descendencia viene determinado, en parte, por la temperatura ambiental mientras se incuban los huevos. Si hace 66 millones de años se produjo un brusco enfriamiento, éste pudo afectar los mecanismos que determinaban el sexo de los dinosaurios, dando lugar a una población predominantemente femenina, con el consiguiente fracaso reproductivo, ya que muchas de ellas no encontrarían machos.

Las teorías, especulaciones e ideas acerca de la desaparición de los dinosaurios parecen no tener fin.

Sólo podemos estar seguros de una cosa: puesto que desde entonces ha transcurrido el equivalente a un millón del tiempo de vida humana, lo más probable es que nunca lleguemos a conocer las verdaderas causas.

La misteriosa desaparición de aquellos extraordinarios reptiles, que dominaron la Tierra durante millones de años, seguirá intrigándonos y recordándonos lo inevitable de nuestra propia extinción.

En busca de nuestros orígenes

En la actualidad, la Tierra está dominada por el *Homo sapiens sapiens*, el «hombre moderno», un ser muy diferente a todas las demás especies que dominaron nuestro planeta en tiempos pasados. Los dinosaurios, que fueron los amos del mundo durante millones de años, dependían de las condiciones del ambiente para sobrevivir. Pero los seres humanos han alterado el paisaje, adaptándolo de tal modo que el clima ya no limita su expansión, y han alterado incluso la composición química de la atmósfera terrestre, hasta un punto que podría poner en peligro su propia existencia. Con todo esto, resulta sorprendente que la historia de una especie como la nuestra sea tan difícil de descifrar.

La búsqueda de nuestros orígenes nos ha llevado a África, donde se han encontrado pruebas fósiles que hacen remontar nuestra estirpe a unos tres millones de años en el pasado. En Etiopía, Kenia, Tanzania y Sudáfrica se han descubierto restos de homínidos pertenecientes a los géneros *Homo* y *Australopithecus*, y parece que en esta zona geográfica se encontró la «cuna de la humanidad», desde donde los homínidos en evolución se expandieron a otros territorios.

Sin embargo, la estirpe humana se puede remontar aún más atrás. Como primates que somos, compartimos genealogía con el loris, los lemures, los tarsios, los monos y los antropoides, y los orígenes de estos últimos se sitúan entre 38 y 24 millones de años en el pasado. Aún no se sabe con seguridad cuándo se separó la línea evolutiva de los homínidos —antepasados del «hombre moderno»— de la de los antropoides.

Una posible clave del misterio es una criatura simiesca, el *Ramapithecus*, cuyo nombre alude al dios indio Rama, porque los primeros ejemplares se encontraron en las montañas Siwalik, en el norte de la India, en 1931. Este fósil —y otros semejantes a él— corresponde al período mioceno, entre 24 y 5 millones de años antes de nuestra era. Sus dientes pequeños, su mandíbula reducida y su arco zigomático (el hueso del pómulo)



Parece apropiado que África, caracterizada por sus paisajes intemporales, haya sido la cuna de la criatura más asombrosa de la naturaleza. En diversos lugares de la Gran Fosa Tectónica africana, las rocas están revelando uno de los misterios más apasionantes de la Tierra. En la garganta de Olduvai, por ejemplo, el río ha erosionado las capas de lava roja y negra, dejando al descubierto sedimentos en los que se han encontrado los restos fósiles del Zinjanthropus, *un homínido que vivió hace 1.750.000 años. Y todavía, en las vecinas llanuras del Serengeti pastan animales no muy diferentes de los que debió conocer aquel antepasado nuestro.*



adelantado le daban cierta semejanza con los homínidos posteriores. Al igual que los antepasados de los antropoides, el *Ramapithecus* abarcaba un territorio muy extenso: se han encontrado ejemplares en lugares tan alejados como Macedonia, el sur de China y África oriental.

Probablemente, fueron dos los factores principales que limitaron la distribución de los posteriores homínidos, reduciéndola a África. Durante el período plioceno se produjo un importante cambio climático, que culminó en las glaciaciones del pleistoceno, que comenzaron hace unos dos millones de años. Esto provocó una reducción de los bosques tropicales y subtropicales, el tipo de hábitat en el que vivían los ramapitecinos.

La expansión de los paisajes abiertos pudo generar nichos ecológicos adecuados para especies de evolución rápida, como los antepasados de la humanidad. Pero la distribución de estos homínidos, entre los 11 grados norte y los 27 grados sur, parece indicar una preferencia por los climas cálidos. La otra razón de la concentración geográfica de los primeros homínidos pudo ser completamente fortuita. África es un continente antiguo, que las fuerzas de la erosión han aplanado considerablemente. No existen demasiados lugares donde podrían haberse acumulado sedimentos que contengan restos fosilizados de animales, y casi todos los fósiles de homínidos se han encontrado en depresiones como la Gran Fosa Tectónica, donde han ido a parar los sedimentos arrastrados por los ríos.

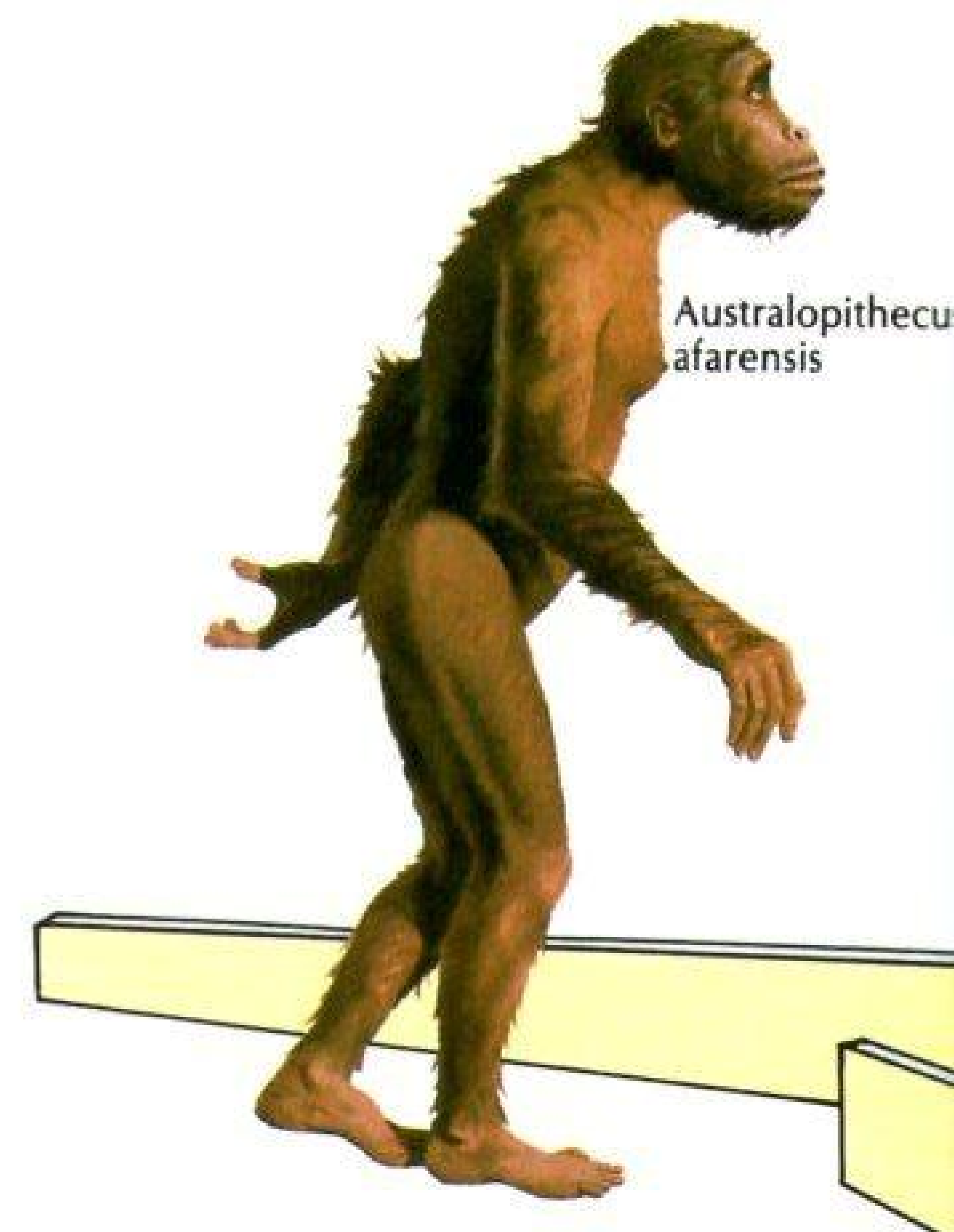
Otros fósiles —sobre todo los de Sudáfrica— se han encontrado en cavernas, donde los homínidos debieron ser arrastrados por grandes carnívoros en cuyas garras habían caído. Lo mismo que en la Fosa Tectónica, sus esqueletos quedaron enterrados en los sedimentos, que los conservaron hasta que la erosión los dejó al descubierto.

Casi sin ninguna duda, la distribución de los homínidos abarcaba más que la Fosa Tectónica y unas cuantas cuevas. ¿Por qué, entonces, son tan escasos los restos de nuestros antepasados? Podemos deducir la respuesta observando lo que sucede con los animales que mueren actualmente en las llanuras africanas. Los cadáveres son despedazados por los carroñeros, y algunas partes del cuerpo, como las extremidades, quedan dispersas. Y como los huesos no quedan enterrados por sedimentos, a los pocos años se desintegran sin llegar a fosilizar.

La escasez de pruebas y el rechazo generalizado de la idea de que hombres y monos tuvieran antepasados comunes dificultaron el desentrañamiento de la historia de los primeros homínidos. En 1908, el elaborado fraude del «Hombre de Piltdown», con su cráneo humano y su mandíbula de mono, contribuyó a aumentar el escepticismo de la comunidad científica. En semejantes condiciones, el descubrimiento en 1924 de lo que parecía ser un cráneo de niño en las proximidades de Taung, Transvaal, realizado por el paleontólogo sudafricano Raymond Dart, fue acogido con suma cautela.

Pero este hallazgo, junto con los realizados en las cavernas de Sterkfontein y Kromdraai durante los años treinta, y en Makapansgat y Swartkrans en los cuarenta, constituía un avance importante. Los ejemplares correspondían a homínidos, aunque no del género *Homo*. A los más pequeños se los llamó *Australopithecus africanus* («mono africano del sur») y a los más grandes *Paranthropus robustus* («cercano al hombre»), pensándose en un principio que éstos habían evolucionado a partir de los primeros. En la actualidad se tiende a considerar que ambos tipos son especies del mismo género, una grande y otra pequeña, y se utiliza el nombre *Australopithecus* para los dos. La imposibilidad de datar los sedimentos de las cavernas en las que aparecieron sepultados estos homínidos limita a meras especulaciones el estudio de su proceso evolutivo.

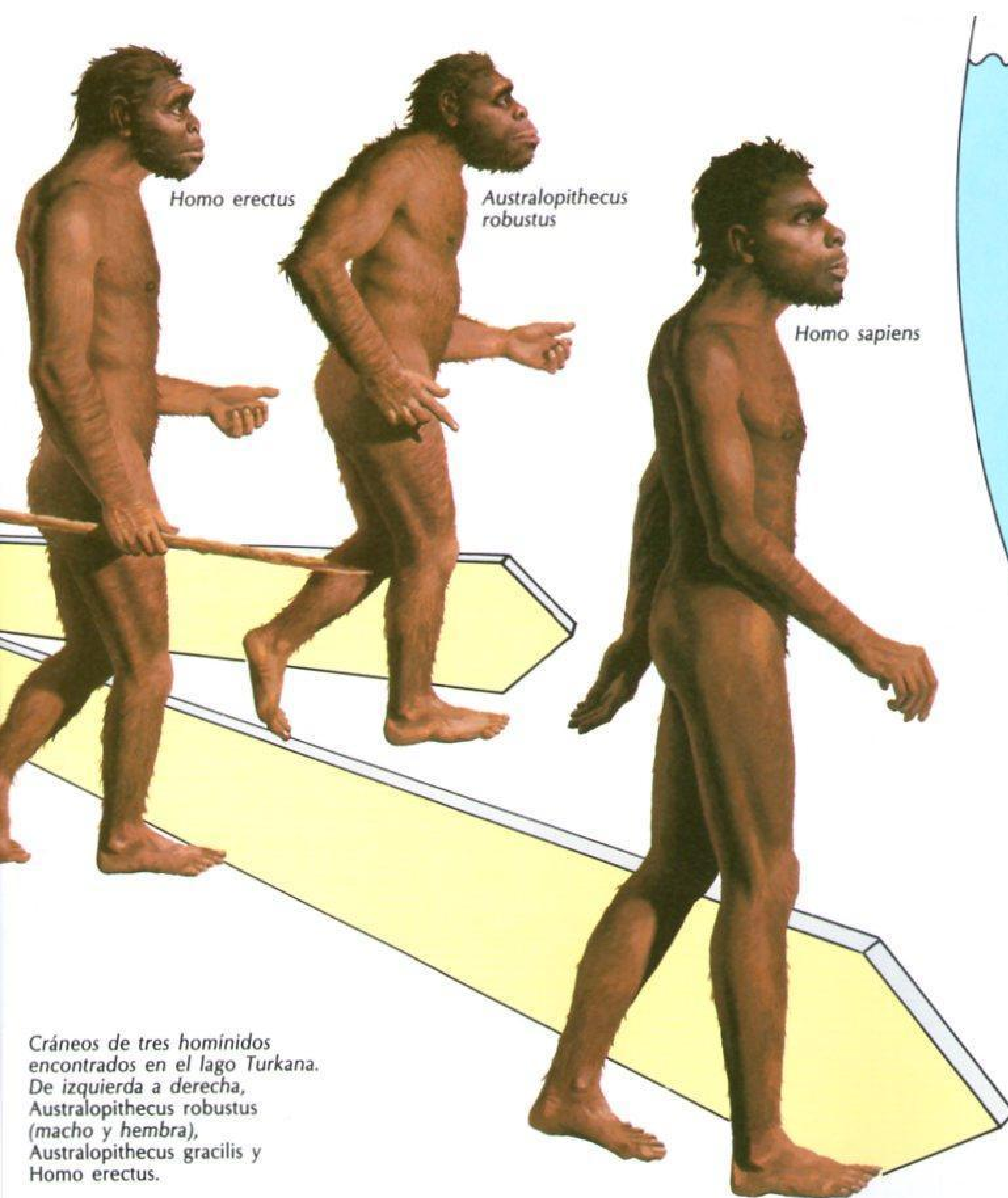
Pero este problema no se planteaba en la garganta de Olduvai, Tanzania. Los sedimentos se habían ido acumulando en el fondo y las riberas de un lago, agrandado y encogido a consecuencia de los cambios climáticos. En la actualidad, el lago está seco, y los sedimentos están cortados por el cauce de un río, que ha dejado expuestos a estratos sedimentarios en las paredes del valle. Aquí fue donde, en 1959, el antropólogo Louis Leakey (1903-1972) y su esposa Mary encontraron a «Zinj» —el *Zinjanthropus*—, reclasificado más tarde junto a los australopitecinos de África del Sur. A «Zinj» se le calcularon 1.750.000 años de edad, lo mismo que a otros australopitecinos encontrados en Peninj, cerca del lago Natrón y en Chesowanja, cerca del lago Baringo (Kenia).

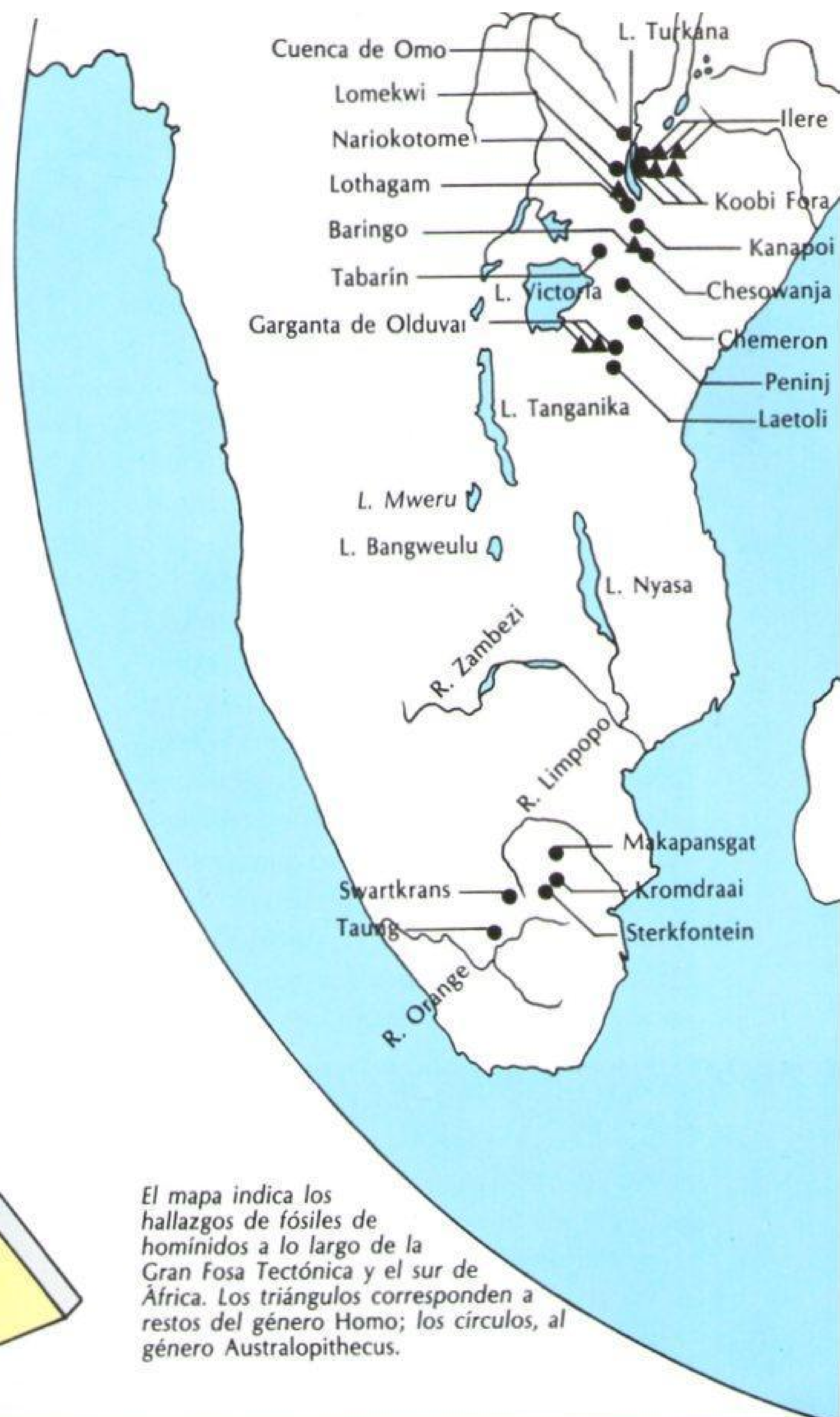


El Australopithecus afarensis, *que vivió hace 3-4 millones de años, es el homínido más antiguo conocido. De esta estirpe evolucionaron durante el siguiente millón de años dos tipos: el* A. robustus, *de mandíbula masiva, y el* A. africanus, *de constitución más ligera, antecesor del género* Homo. *Hace dos millones de años, los australopitecinos coexistían con el* Homo erectus, *hasta que los primeros se extinguieron. Nuestra especie, el* Homo sapiens, *apareció hace menos de 250.000 años.*

Durante los años setenta, el equipo del norteamericano Don Johanson, que trabajaba en Hadar, en el Triángulo de Afar, Etiopía, descubrió varios homínidos con características suficientemente diferentes como para atribuirlos a una especie distinta, que se llamó *Australopithecus afarensis*. En el caso del ejemplar llamado «Lucy», del que sólo se encontró la mitad del esqueleto, la pelvis y los huesos de las piernas indicaban una posición bípeda. Los sedimentos en los que reposaba Lucy tienen poco más de tres millones de años de antigüedad; ésta fue la primera evidencia de que ya existían homínidos bípedos en el plioceno superior.

En poco tiempo se realizaron varios descubrimientos más, igualmente interesantes. Durante unas excavaciones en Laetoli, cerca de Olduvai, Tanzania, Mary Leakey encontró lo que los paleontólogos llaman una «impresión fósil» y que por lo general es una huella dejada en un sedimento blando. En este caso, la lluvia había mojado una capa de cenizas volcánicas recién depositadas, que tenía la consistencia de cemento fresco





Cráneos de tres homínidos encontrados en el lago Turkana. De izquierda a derecha, Australopithecus robustus (macho y hembra), Australopithecus gracilis y Homo erectus.

El mapa indica los hallazgos de fósiles de homínidos a lo largo de la Gran Fosa Tectónica y el sur de África. Los triángulos corresponden a restos del género Homo; los círculos, al género Australopithecus.



cuando tres homínidos pasaron sobre ella, dejando un rastro de pisadas. Estas huellas confirmaban de manera inequívoca que los homínidos caminaban erguidos sobre dos piernas hace tres millones y medio de años.

Sin duda alguna, las pisadas corresponden a australopitecinos, y se han encontrado restos fósiles en sedimentos de la misma época.

En 1961, se encontraron en Olduvai fragmentos de otro homínido, cuya capacidad craneal, de 800 cm^3, era mucho mayor que la de todos los demás australopitecinos. Louis Leakey, que llevaba algún tiempo desconcertado por los artefactos de piedra encontrados en el mismo nivel de sedimentos donde apareció «Zinj», pensó que ahora disponía de pruebas de la existencia de una inteligencia superior, responsable de la fabricación de utensilios. La nueva criatura, de casi dos millones de años de antigüedad, recibió el nombre de *Homo habilis*.

A continuación, las investigaciones se desplazaron a otra parte de la Gran Fosa Tectónica situada más al norte. Richard Leakey, hijo de Louis y Mary, que regresaba a Nairobi después de unas excavaciones en el valle de Omo, decidió que una zona que aparecía descrita en el mapa como «lava» no era tal cosa. En 1968 dirigió una expedición preliminar a la zona, descubriendo un importante yacimiento de fósiles de homínidos en la cuenca de Koobi Fora.

Aquí se descubrió en 1972 un cráneo casi completo, denominado «Cráneo 1470», que corresponde a otro ejemplar de *Homo habilis*. Al principio se lo consideró más antiguo que los de Olduvai, pero ahora se piensa que son más o menos de la misma época.

Koobi Fora ha resultado ser un yacimiento muy prolífico, de considerable importancia para el esclarecimiento de la línea evolutiva humana. En particular, se ha comprobado la coexistencia de australopitecos robustos, bastante similares a «Zinj», con ejemplares de *Homo habilis* como el del «Cráneo 1470», lo cual echa por tierra las teorías según las cuales el *Homo* desciende del *Australopithecus*. Otro importante descubrimiento realizado en este mismo lugar han sido los restos de un *Homo erectus*.

Ya se habían encontrado fósiles de esta especie en lugares tan alejados como Europa e Indonesia. Lo que convierte en importante al ejemplar de Koobi Fora es su edad, ya que sitúa al *Homo erectus* firmemente establecido en África oriental hace un millón y medio de años, mucho antes que en los demás sitios citados.

El *Homo erectus* disponía de un instrumental más sofisticado que el del *Homo*



Todos los primates tienen pulgares oponibles, que les permiten agarrar objetos. Los monos, como los orangutanes de la fotografía, tienen también pulgares oponibles en los pies, mientras que los humanos, que caminan en posición bípeda, se distinguen por la poca flexibilidad de los dedos de sus pies.

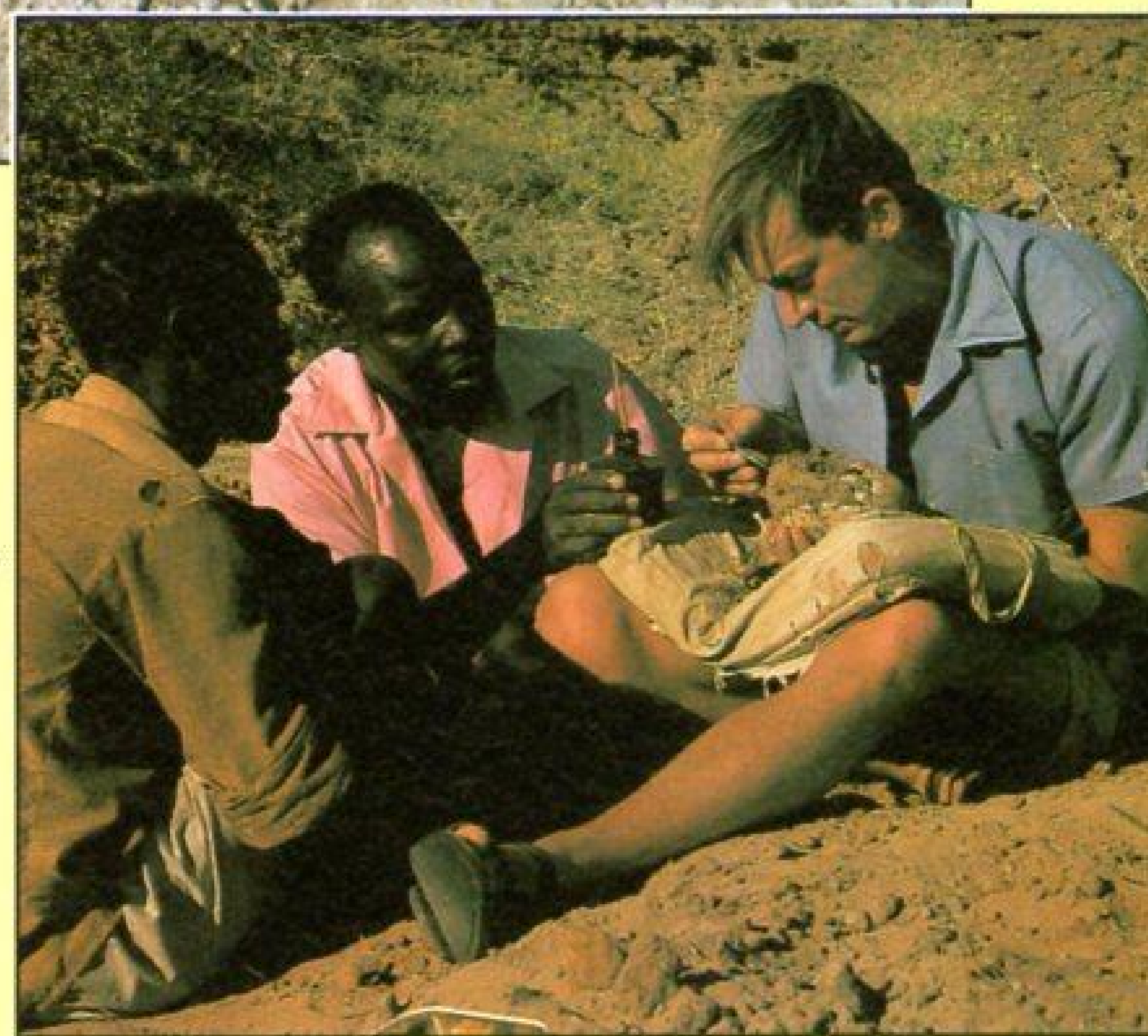
habilis. Por ejemplo, en Olorgesailie se han encontrado mangos de hachas de piedra y utensilios hechos con piedras redondas que debían servir para derribar la caza.

¿Por qué desplazó el *Homo erectus* al *Homo habilis*, y por qué se extinguieron los australopitecinos? La respuesta podría estar en los cambios climáticos. Los estudios geológicos demuestran qúe hace aproximadamente dos millones de años el clima de África oriental se volvió mucho más seco, mientras el hielo comenzaba a avanzar en las latitudes del norte. La vegetación cambió, sobreviviendo las especies más resistentes y coriáceas, y las praderas se expandieron a costa de los bosques.

La creación de nuevos nichos ecológicos facilitó el éxito de las especies capaces de adaptarse con más rapidez, mientras que la desaparición de muchos de los antiguos hábitats condenaba a la extinción a las especies más lentas en adaptarse. El examen microscópico de los dientes de *Homo habilis* y *Australopithecus robustus* ha revelado superficies pulidas, que indican que estos seres comían frutas y no masticaban hierbas ni huesos. Sin embargo, los dientes del *Homo erectus* muestran numerosas marcas y estrías, indicadoras de una dieta omnívora, que incluía raíces con tierra adherida. La mayor perfección de sus utensilios y (posibles) armas parece indicar una caza activa y organizada, con un mayor consumo de carne. Así pues, parece que el *Homo erectus* logró triunfar donde habían fracasado el *Homo habilis* y el *Austraopithecus*, gracias a su capacidad de adaptación a las duras condiciones impuestas por el clima más seco.

La historia de la evolución humana no termina aquí, aunque sí parece terminar la parte específicamente africana. Equipado con un cerebro más grande y todavía en desarrollo, unas técnicas que incluían mejores utensilios y el conocimiento del fuego, y una capacidad cada vez mayor para adaptarse a ambientes duros y variables, el *Homo erectus* salió de la «cuna» y emigró hacia el norte y hacia el este, llegando a Europa, China y las Indias Orientales.

Todavía queda por esclarecer gran parte de su historia posterior, y no existe razón alguna para suponer que el *Homo sapiens* sea la forma definitiva de nuestro género.



En 1978, Mary Leakey descubrió en Laetoli huellas fosilizadas que demostraban que los homínidos —probablemente el Australopithecus afarensis*— ya caminaban erguidos hace tres millones y medio de años. Las pisadas, que parecen corresponder a dos adultos y un niño, revelan un empeine arqueado y un dedo gordo del pie no divergente. A la derecha, Richard Leakey, cuyo equipo ha ampliado considerablemente nuestros conocimientos sobre el linaje humano, destacando entre sus descubrimientos el de Koobi Fora, donde se encontraron restos de* Homo erectus.

Nueva vida en nuevas tierras

Toda la vida que existe sobre la Tierra está interrelacionada de uno u otro modo. Y dentro de cada comunidad de seres vivos, las distintas formas de vida parecen funcionar en tan estrecha relación que casi se podría hablar de fantásticos «superorganismos».

Uno de estos superorganismos es la selva lluviosa tropical. Aquí los árboles actúan como productores primarios, que captan la energía solar gracias a la clorofila de sus partes verdes y la utilizan para elaborar materia viva o biomasa mediante el proceso de la fotosíntesis, captando el dióxido de carbono del aire y combinándolo con agua para sintetizar nueva materia viva.

Miles de animales herbívoros —desde los monos a las orugas— dependen de estas plantas para obtener alimentos. Los carnívoros dependen a su vez de los herbívoros, con los que establecen una conexión depredador-presa en la cadena alimentaria. Los organismos saprófitos, como las bacterias y los hongos, descomponen los cuerpos muertos de todas las demás formas de vida para reciclar sus componentes.

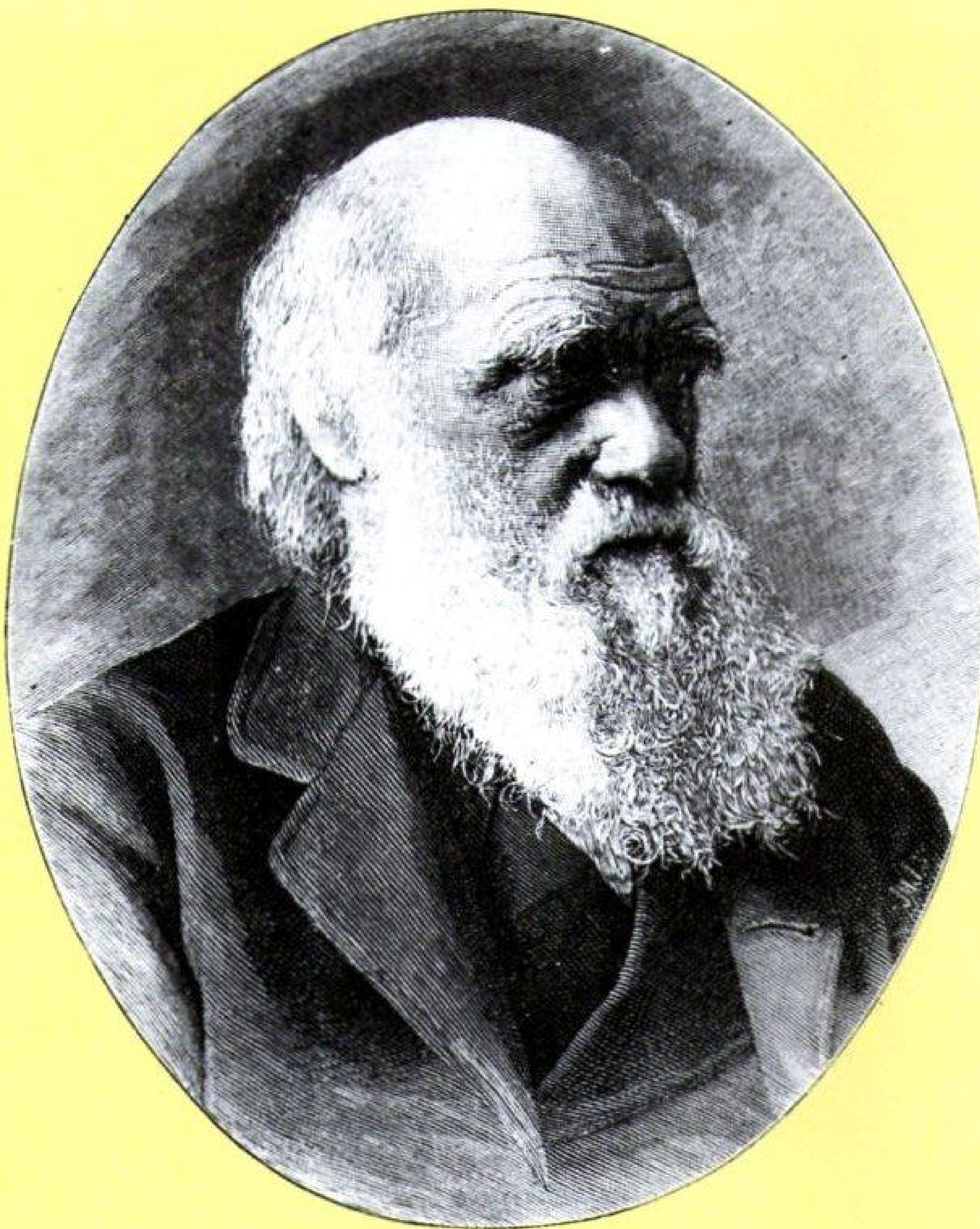
En cada eslabón de la cadena aparecen otras conexiones laterales. Los árboles sirven como soporte viviente para los helechos epifíticos, lianas, orquídeas y nidos de aves; los insectos, aves y murciélagos resultan imprescindibles para la polinización de muchos árboles; los monos y loros que se comen los frutos dispersan las semillas. Eslabón tras eslabón, conexión tras conexión, se forma una red de interrelaciones que abarca todas las formas vivientes.

En esta complicada maraña de interdependencias biológicas existe, sin embargo, una extraña y misteriosa paradoja, una importantísima excepción a las normas de la ecología. Las nuevas formas de vida aparecen sólo cuando existen barreras y aislamiento. Paradójicamente, las comunidades sólo pueden funcionar gracias a sus interconexiones; sin embargo, sólo pueden sobrevivir a largo plazo si generan nuevas formas, mejor adaptadas, en respuesta a los cambios de las condiciones ambientales.



Las islas oceánicas que se forman en erupciones volcánicas submarinas emergen del mar desprovistas de toda forma de vida; son verdaderas islas desiertas. Sin embargo, los organismos vivos se establecen con sorprendente rapidez. Desde muy lejos llegan semillas o esporas de plantas, arrastradas por las olas o el viento o depositadas por las aves, que también se quedan a colonizar la nueva tierra. El aislamiento ofrece condiciones ideales para que las misteriosas fuerzas de la evolución actúen sobre estos organismos, desarrollando especies perfectamente adaptadas al ambiente.

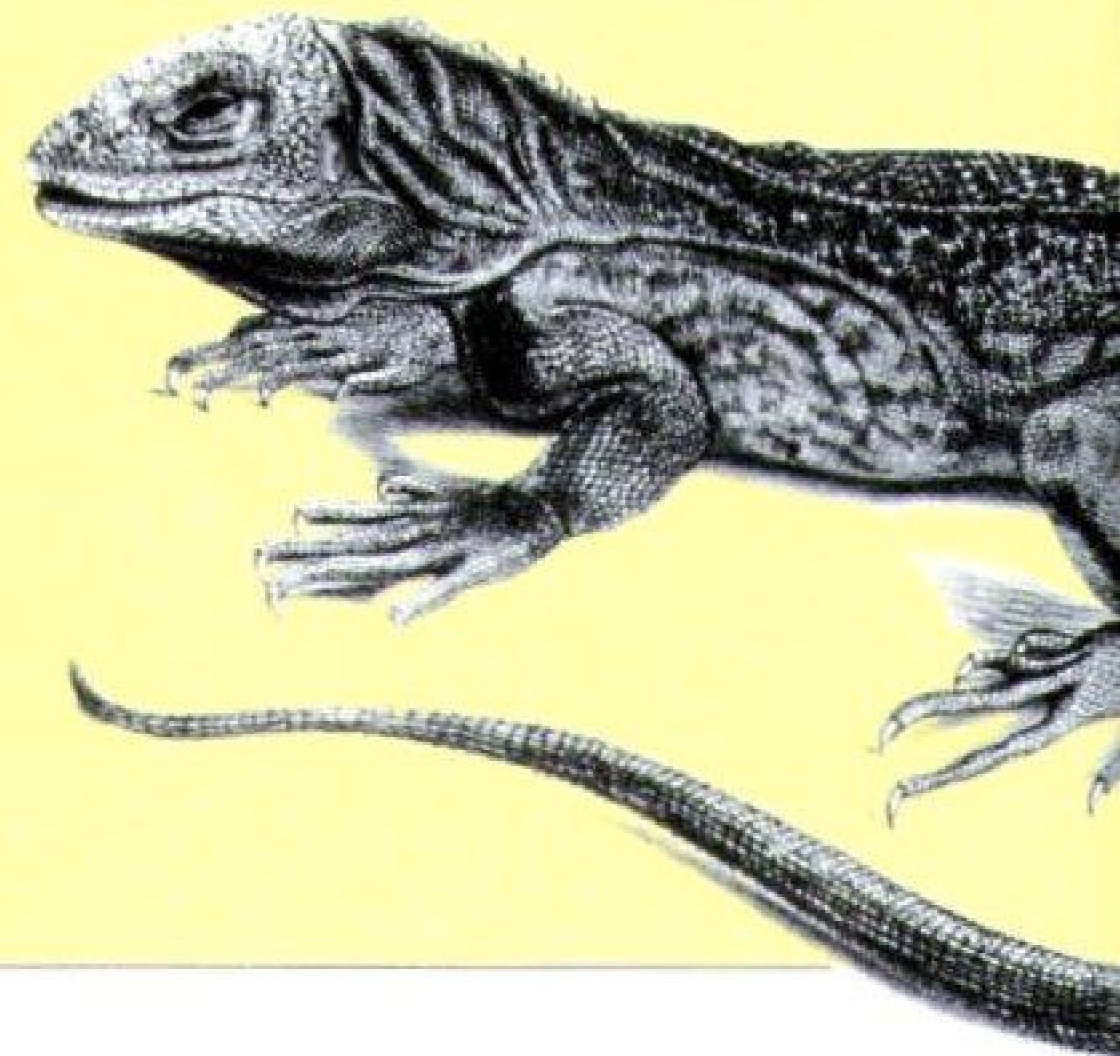




Charles Darwin, naturalista y estudiante de teología, necesitó muchos años de estudio y reflexión para decidirse a publicar en 1858 su decisiva obra sobre el origen de las especies, que sacudió las bases del pensamiento victoriano. En 1871, a los 68 años de edad, publicó un libro aún más polémico, El origen del hombre. *En su época, Darwin fue ferozmente vituperado, pero ahora se considera que abrió las puertas a nuestro concepto moderno de la naturaleza.*

La abundante fauna de las islas Galápagos proporcionaba a los marinos carne fresca y fácil de obtener, ya que los animales no parecían asustarse de los humanos. Este grabado, aparecido en el Illustrated London News *de julio de 1850, muestra a un marinero disponiéndose a darle la vuelta a una tortuga con un garfio, con el fin de mantenerla inmovilizada.*

Las iguanas que Darwin encontró en el continente suramericano trepaban a los árboles y se alimentaban de hojas. En las islas, donde la vegetación era más escasa, también había iguanas que trepaban a los cactos para alimentarse de brotes tiernos, pero una especie había adoptado hábitos marinos y se alimentaba de algas.



Darwin y las Galápagos

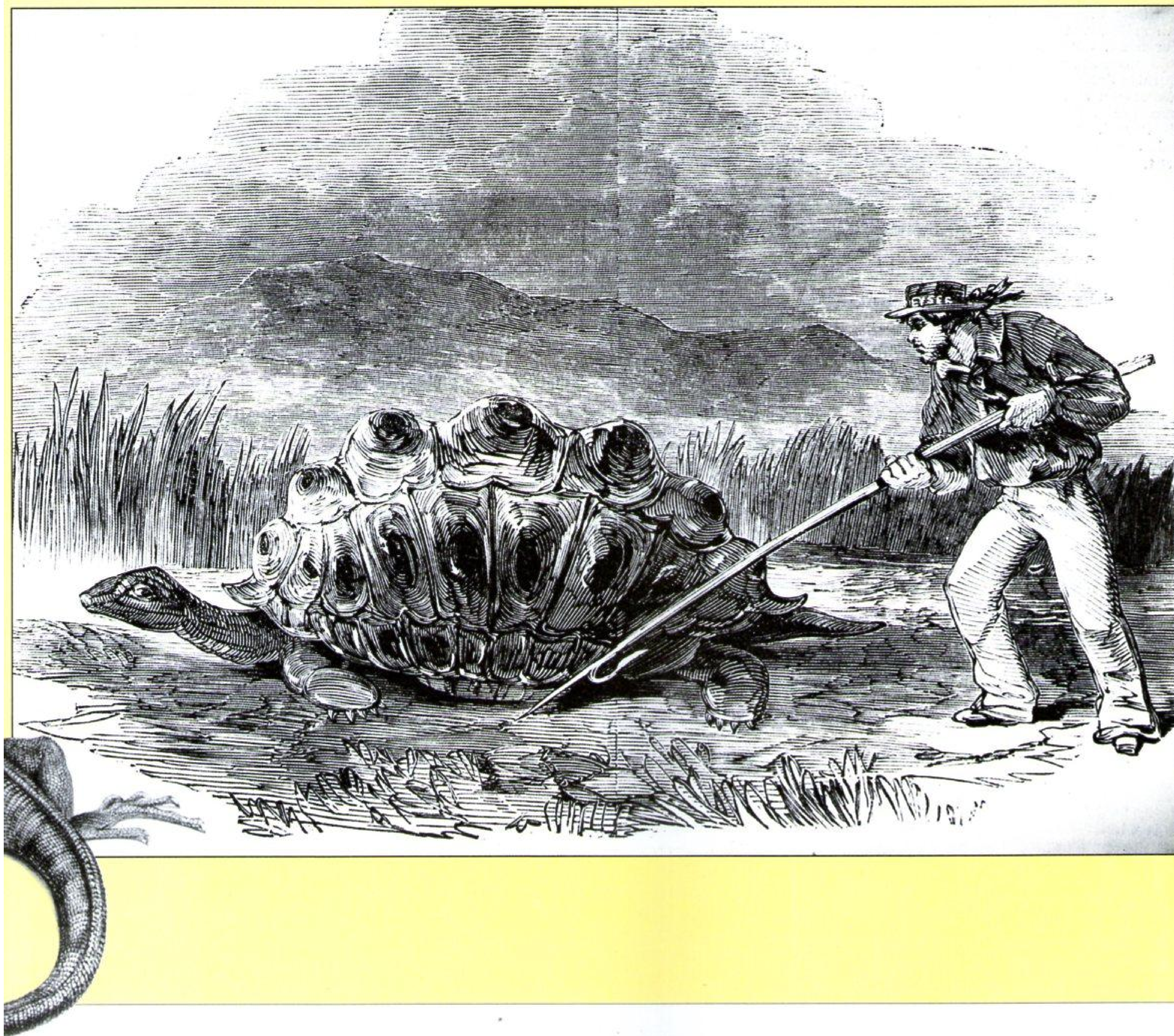
Las Galápagos —13 islas grandes y muchas pequeñas— se encuentran en aguas ecuatoriales, a unos 1.054 km de la costa de Ecuador. Su nombre se lo puso en 1535 el navegante español Tomás de Berlanga, a causa de las enormes tortugas que allí encontró. Estos animales, junto con las extrañas iguanas marinas y las numerosas especies de pinzones, que varían de una isla a otra, hicieron que Darwin se planteara el problema de la especialización. Las tortugas que viven en las islas de suelo seco tienen el cuello largo y el caparazón en pico, lo que les permite estirarse mejor para comer de los cactos y arbustos. En las islas donde abunda la vegetación a ras del suelo no se presentan estas adaptaciones.

Parece que este proceso evolutivo es más frecuente cuando las poblaciones se encuentran aisladas de algún modo unas de otras. Por esta razón, la historia natural de las islas resulta fundamental para descifrar la clave del enigma, ya que las islas son los laboratorios de aislamiento de la naturaleza. Para cualquier organismo terrestre, y sobre todo para los que no vuelan ni nadan, un archipiélago constituye un hábitat dividido por barreras prácticamente infranqueables: las masas de agua que separan las islas.

Dos poblaciones de la misma especie que vivan en islas vecinas pueden estar distanciadas tan sólo unos kilómetros, pero el mar que las separa garantiza que no se produzcan cruzamientos ni mezclas de material hereditario. Si existen ambientes ligeramente distintos en cada isla, con pautas de competencia ligeramente distintas, las líneas evolutivas de las dos poblaciones irán divergiendo al adaptarse cada una a las condiciones de su propio entorno.

Cualquier barrera geográfica puede dar lugar a «islas» ecológicas. Si en vez de islas en el mar consideramos un conjunto de lagos en medio de un continente, los organismos acuáticos de cada lago experimentarán el mismo tipo de aislamiento que los organismos terrestres en las islas. Los afloramientos calizos en un paisaje ácido forman «islas» para animales y plantas calcícolas, mientras que las cumbres de las montañas de los trópicos constituyen «islas» para los organismos alpinos, en medio de una zona ecuatorial.

La idea misma de que puedan aparecer nuevas formas de vida —el concepto de la evolución— debe mucho a la ecología de las islas. En 1859 se publicó un libro cuya primera edición se agotó en un día; en 1860 se habían agotado ya otras tres ediciones. No se trataba de una novela popular ni de un manual de autoperfeccionamiento; tampoco tenía un título especialmente atractivo: se



titulaba *El origen de las especies por la selección natural,* o *La preservación de las especies mejor dotadas en la lucha por la vida,* que no parece un título adecuado para un best-seller de tal calibre. Pero el autor de la obra se llamaba Charles Darwin (1809-1882), y el problema que abordaba era uno de los mayores misterios de las ciencias naturales: ¿de dónde proceden los nuevos tipos de organismos vivos?

Las ideas de Darwin habían ido germinando poco a poco, pues la semilla se plantó durante el viaje del navío explorador HMS *Beagle,* que recorrió los mares del mundo por encargo del Almirantazgo Británico, desde el 27 de diciembre de 1831 al 2 de octubre de 1836. Y el impulso que inició esta germinación fue la ecología de las islas Galápagos, en el océano Pacífico.

El *Beagle* permaneció anclado en las Galápagos poco más de un mes, desde el 16 de septiembre al 20 de octubre de 1835, pero no es exagerado decir que aquellos 35 días provocaron una revolución en el pensamiento humano. Al estudiar la fauna de las islas, Darwin se dio cuenta de que el aislamiento y la selección natural de nuevas adaptaciones podía dar origen a nuevas formas de seres vivos. El propio Darwin reconocía la importancia crucial de su estancia en las Galápagos, y años después declaró al respecto: «Allí, tanto en el espacio como en el tiempo, parece que nos acercamos al gran acontecimiento, el misterio de los misterios, la aparición de seres nuevos en el mundo.»

Lo que encontró Darwin en las islas fue una extraordinaria comunidad de animales, casi todos exclusivos, pues no existen en ningún otro lugar, aparte de las Galápagos. Sus parientes más cercanos viven todos en el continente suramericano, a cientos de kilómetros de distancia. Pero lo más interesante era que muchos de estos animales —en particular los pinzones, que más tarde se llamarían «pinzones de Darwin», y las tortugas

gigantes— presentaban formas diferentes en cada una de las islas volcánicas que componen el archipiélago de las Galápagos, la mayor de las cuales sólo mide 129 km de lado a lado.

Esta proliferación de nuevas formas en un espacio geográfico tan reducido asombró a Darwin, que observó además algunos casos extremos de adaptación: un cormorán que carecía por completo de alas; una iguana que se sumergía en el mar en busca de las algas de que se alimentaba; un pinzón que utilizaba una espina de cacto, sujeta con el pico, como instrumento para sacar larvas de los agujeros.

Tras considerar estos datos durante muchos años, Darwin llegó a una sorprendente y aterradora conclusión. La única explicación de los fenómenos de las Galápagos era que unos pocos animales hubieran llegado a las islas, volando o flotando a la deriva, hace miles de años. Una vez allí, y sin apenas competidores, las poblaciones colonizadoras se fueron adaptando por separado a las condiciones ambientales de cada isla. Habían cambiado para adaptarse a su ambiente; en otras palabras: habían evolucionado.

Aunque el hecho mismo del cambio le pareció evidente desde que estuvo en las Galápagos, Darwin tardó bastante tiempo en poder sugerir un mecanismo para dichos cambios. La explicación que propuso fue la de la «supervivencia de los mejor adaptados».

Esto significa que en una población de animales o plantas, donde cada individuo posee una dotación genética ligeramente diferente, los organismos mejor capacitados para sobrevivir en su ambiente y adaptarse a las circunstancias tendrán más oportunidades de sobrevivir. Estos supervivientes vivirán el tiempo suficiente para reproducirse y trasmitirán sus caracteres genéticos «de adaptación» a la siguiente generación.

La genética moderna ha confirmado los conceptos básicos de Darwin y, tras el estupor inicial, los científicos comprobaron que todos los sistemas de islas oceánicas presentan modelos similares al de las Galápagos, aunque los organismos concretos varían de un archipiélago a otro.

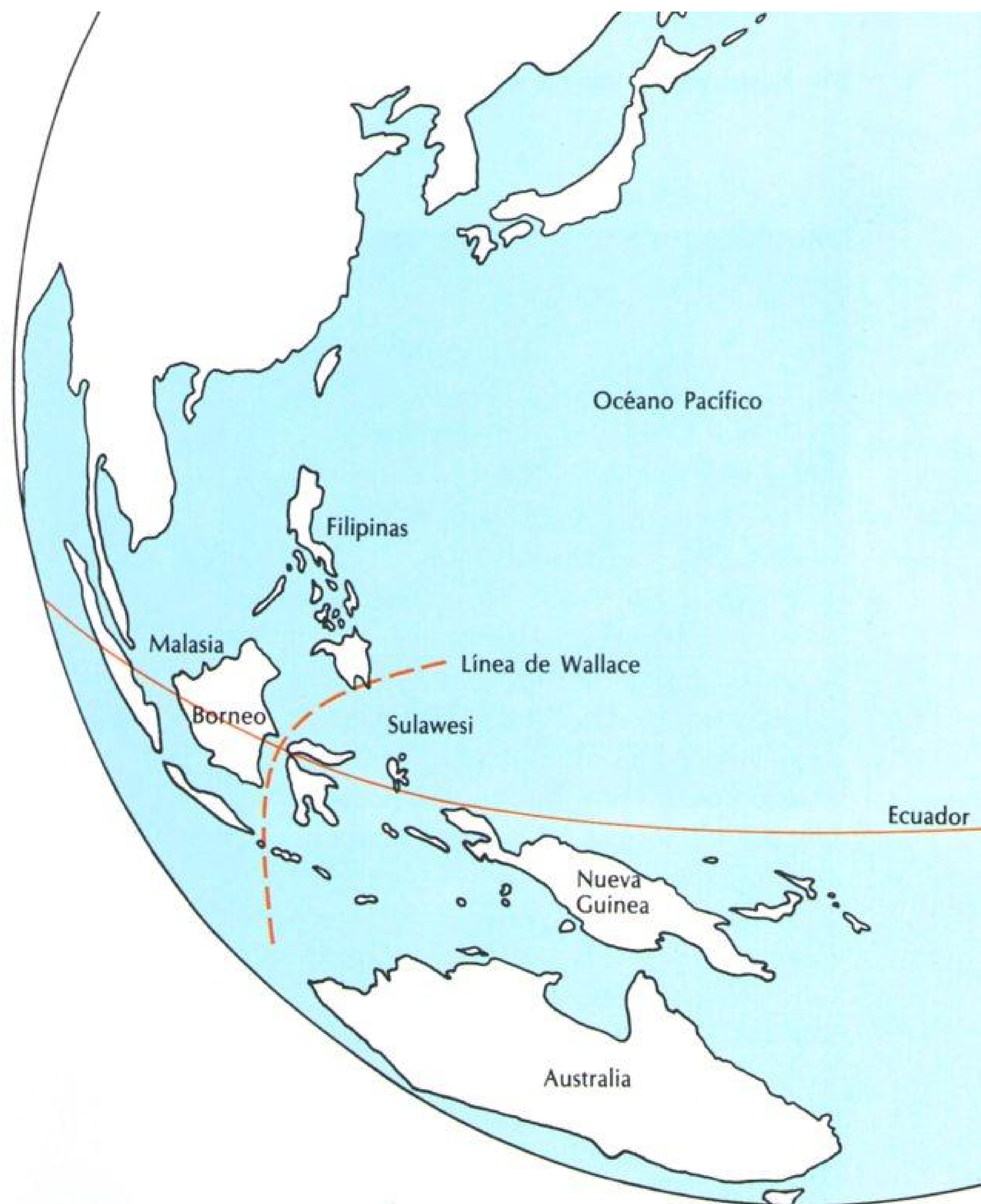
Las islas Hawai, por ejemplo, son las más aisladas del mundo, ya que se encuentran a más de 3.000 km de Norteamérica y a 5.000 de Asia: meros puntitos de roca volcánica en la inmensidad del océano Pacífico. Las distancias son tan grandes, y las dificultades de acceso tan tremendas, que algunos tipos de animales no consiguieron llegar jamás a las islas: no existen en ellas poblaciones nativas de peces de agua dulce, anfibios, reptiles, mamíferos terrestres ni árboles coníferos. Ningún representante de estos grupos logró llevar a cabo el viaje. Pero el reducido grupo de organismos que consiguió llegar se encontró unas condiciones ideales para la colonización, con muy pocos competidores, y aprovechó su buena suerte evolucionando en una amplia gama de formas diferentes y especializadas.



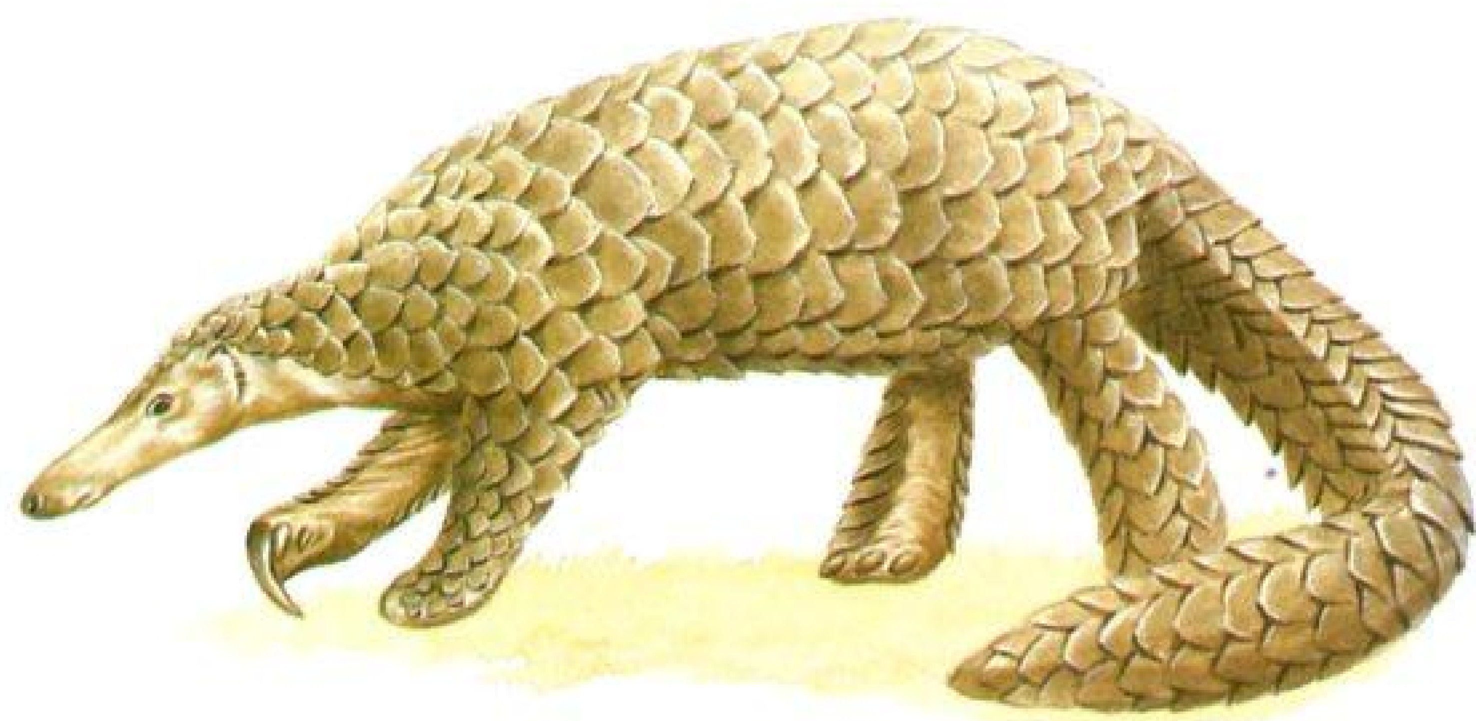
Las islas Hawai nos ofrecen un ejemplo perfecto de cómo funciona esta radiación adaptativa. En algún momento del pasado llegó a las islas un grupo de aves semejantes a los pinzones, que se adaptaron a los numerosos nichos que allí encontraron, y evolucionaron hasta convertirse en la familia, exclusivamente hawaiana, de los azucareros. En la actualidad existen más de 40 especies diferentes, con hábitos especializados para

El ave del paraíso «emperador», como todas sus congéneres, habita en las selvas tropicales de Nueva Guinea, las Molucas y el norte de Australia. Las seis especies de gibones (derecha) *viven en Asia.*





La línea de Wallace
Las múltiples islas comprendidas entre el sureste Asiático y Australasia dan la impresión de ser un archipiélago unitario. Sin embargo, se encuentran divididas por una barrera invisible, conocida como Línea de Wallace, en honor de su descubridor, Alfred Russel Wallace (1823-1913), que desarrolló el concepto de la evolución al mismo tiempo que Darwin. La fauna de las diferentes islas permite trazar la línea, ya que ciertos tipos de animales sólo se encuentran en uno de los lados, el asiático o el australiano.





El extraño y escamoso pangolín vive en el lado asiático de la Línea de Wallace, llegando por el oeste hasta África, mientras que el casuario común sólo se encuentra en los bosques de Australasia. Debido a las condiciones de aislamiento de las islas, han evolucionado muchas variedades de este ave.

una gran variedad de estilos de vida: algunos se alimentan de insectos, otros de larvas, otros de frutas, semillas o néctar... estos últimos han desarrollado picos que no se parecen en nada al de un pinzón: son como largas sondas curvas con las que extraen néctar de las flores tubulares alargadas.

Entre las semillas de plantas que llegaron a Hawai había algunas de lobelias comunes. Al no existir en las islas árboles nativos, algunas lobelias evolucionaron para llenar también este nicho, y en la actualidad existen varias especies que superan los 9 m de

altura. En total, hay en las islas más de 100 especies, ninguna de las cuales se encuentra en otras partes del mundo.

Las islas Hawai poseen el mayor porcentaje del mundo de especies endémicas (las que sólo existen en una zona concreta): más del 90 por 100 de las plantas con flores, el 99 por 100 de las aves y prácticamente todos los insectos son endémicos de las islas. No podría encontrarse mejor demostración del papel crucial del aislamiento en el desarrollo de nuevas formas de vida.

En ocasiones, se nos ofrece la oportunidad de presenciar las primeras etapas de la colonización de una isla. Esto sucede, por ejemplo, cuando emerge del mar una nueva isla volcánica (como ocurrió en 1963 con la isla de Surtsey, frente a la costa de Islandia), o cuando una isla queda arrasada por una violenta actividad volcánica (como sucedió en 1883 en Krakatoa, Indonesia). En ambos casos, resulta sorprendente la rapidez con la que los organismos vivos colonizan o recolonizan territorios vírgenes.

En estas fases iniciales del proceso, el éxito de la colonización no depende tan sólo de llegar a la isla. Las poblaciones de animales y plantas deben ser lo bastante grandes como para que puedan proliferar, y las comunidades deben poseer los componentes adecuados para formar una red alimentaria. Un depredador que llegue a una isla, por ejemplo, se morirá de hambre si no encuentra animales en los que hacer presa.

Aparte de las plantas sencillas, como algas, musgos y líquenes, que se difunden por esporas, los primeros colonizadores de las islas suelen ser especies vegetales con semillas de germinación rápida, y pequeños animales omnívoros.

Siempre se encuentran numerosos tipos de aves e insectos, animales que pueden llegar volando o arrastrados por las corrientes de aire. Existen incluso algunas formas especializadas, preadaptadas al salto de isla en isla, que figuran siempre entre los primeros en llegar.

Un buen ejemplo de colonizador acostumbrado al éxito es el cocotero, cuyos grandes frutos flotan durante largo tiempo en el mar, sobreviviendo a pesar de la salinidad, y pueden germinar sobre la arena de las playas.

Los estudios realizados parecen indicar que al aumentar la comunidad de organismos en una isla nueva, se establece una cierta regulación ecológica. Parece como si existiera una «capacidad máxima» de especies, que depende sobre todo del tamaño de la isla: cuanto más grande sea, más especies podrá mantener.

Sin embargo, la combinación de especies no es estática, y algunas formas desaparecen, siendo sustituidas por otras. Cuantas más especies lleguen a la isla, mayor es el riesgo de extinción, porque la competición es mayor.

Mediante experimentos llevados a cabo en islas pequeñas, se ha podido demostrar que si se retiraran todos los organismos de una isla, dejando que ésta se repoblara sola, el





Los primeros seres vivos que colonizan una nueva isla son bacterias y algas unicelulares. Les siguen las algas pluricelulares y los líquenes (arriba), *que son organismos simbióticos formados por la unión de un alga y un hongo, capaces de sobrevivir en los ambientes más hostiles gracias a la fotosíntesis del alga. Más adelante, llegan a la isla esporas de musgos* (a la derecha, *esporangios maduros de* Bryum capillare).

Las semillas llegan a la isla arrastradas por el viento o con la vegetación que flota en el mar. En los trópicos, es corriente que crezcan cocoteros, ya que los cocos pueden resistir prolongadas inmersiones en agua salada. En cuanto las condiciones son favorables para ellos, los insectos que llegan a la isla por azar pueden sobrevivir y multiplicarse.



número definitivo de especies sería más o menos el mismo que existía en un principio.

Parece como si las islas fueran simplificaciones de los continentes. Como si los procesos que en la enorme complejidad de la vida continental se nos presentan difusos y confusos se condensaran en las islas al nivel de claridad esquemática. Las Galápagos revelaron esta verdad a Darwin y nos la siguen recordando en la actualidad. El estudio de las islas, y en especial las más apartadas, puede ayudarnos a desentrañar los misterios de la evolución, la aparición de nuevas especies, las especializaciones extremas y las leyes biológicas que rigen la ecología de las comunidades vivientes.

Las aves marinas, como el vigoroso gavión (Larus marinus)*, figuran siempre entre los primeros colonizadores de cualquier porción de tierra en medio del océano, y llevan consigo semillas e insectos.*

El extraño mar inmóvil

En la parte noroccidental del Atlántico existe un extraño mar de aguas tranquilas, no limitado por tierra alguna. Esta masa ovalada de agua, que ocupa una superficie equivalente a dos tercios de la extensión de los EE.UU., gira en torno a las islas Bermudas, cuyas magníficas playas son la única tierra que bañan las aguas del mar de los Sargazos.

El mar de los Sargazos se encuentra rodeado por importantes corrientes oceánicas: la corriente del Golfo por el norte, y las corrientes que circulan hacia el oeste a lo largo del trópico de Cáncer, por el sur. Este acorralamiento da como resultado un sistema de aguas superficiales relativamente cálidas que gira lentamente, en el sentido de las agujas del reloj, sobre las aguas profundas del océano, mucho más frías y densas.

Esta estratificación del agua por densidades, provocada por la diferencia de temperatura, tiene importantes consecuencias ecológicas. En las aguas superficiales, donde llega la luz, abunda el plancton vegetal, que consume sales como los fosfatos y nitratos. Debido a la diferencia de densidad, el agua de superficie apenas se mezcla con el agua fría y rica en minerales de las capas inferiores, que podría reponer las sales consumidas.

Por esta razón, en las regiones superiores del mar de los Sargazos apenas existe vida animal, y carecería de interés biológico si no fuera por el alga que le da nombre, el sargazo, que forma grandes «campos», rebosantes de organismos marinos.

Parece que fueron los navegantes portugueses quienes pusieron nombre al alga y al mar. El sargazo es un alga que forma grandes conjuntos enmarañados, que se mantienen a flote por medio de vejigas llenas de gas, y se extienden hasta el horizonte. Con frecuencia, los barcos portugueses se veían frenados por las algas, e incluso llegaban a quedar atascados en ellas, lo que daba a las tripulaciones tiempo de sobra para estudiar la planta. Como procedían de un país donde



En las misteriosas y tranquilas aguas del mar de los Sargazos, numerosos pececillos se mueven entre la maraña de sargazos verde y dorado, como si se tratara de pájaros que vuelan entre las copas de los árboles de un bosque. Y así como los árboles de la selva tropical proporcionan cobijo y alimento a los habitantes de la jungla, las algas constituyen un hábitat autosuficiente para las numerosas formas de vida, algunas de ellas bastante extrañas, que habitan entre ellas.



abundan las vides, los conjuntos de vejigas de gas les parecieron racimos de uvas de una variedad denominada *salgazo*. Así fue como el mar de los Sargazos adquirió su nombre.

El sargazo desciende de un tipo de algas que suelen crecer adheridas a las rocas cercanas a la costa, pero se ha adaptado por completo a la vida pelágica, y ahora flota en las capas superiores del océano. Dos factores le permiten permanecer en alta mar y reproducirse: las corrientes lentas que circulan alrededor del mar de los Sargazos mantienen dentro de éste la mayor parte de las algas; y además el sargazo se reproduce por fragmentación, lo mismo que algunas enredaderas: cada pequeño fragmento que se desprende puede dar lugar a una planta completa.

Estas extensas praderas de algas pueden parecer horribles, pero en realidad constituyen la base de un ecosistema cerrado, que depende de la productividad primaria de estas plantas. Hay toda una serie de organismos sedentarios que viven adheridos a la superficie rugosa de las algas: algas más pequeñas, celentéreos hidroideos como una especie de coral blando, gusanos tubícolas que filtran el agua en busca de partículas de alimento, colonias de briozoos, y otros muchos.

Entre la maraña vegetal pululan cangrejos, gambas, quisquillas y otros crustáceos; y por todas partes se deslizan pequeños caracoles que raspan la superficie de los sargazos con sus ásperas lenguas, limpiándola de las algas microscópicas que crecen en ella. El inesperado hallazgo de esta comunidad de alta mar engañó a Cristóbal Colón durante su primer viaje. Al ver los cangrejos, dio por supuesto que se acercaba a tierra firme, cuando la costa americana se encuentra a más de 1.600 km.

Los peces que viven en este extraño mundo son sumamente curiosos. En términos ecológicos, se pueden dividir en residentes y visitantes. Las especies residentes viven y se reproducen entre la maraña de algas del mar de los Sargazos, y casi todas ellas disponen de ingeniosos camuflajes que les facilitan la vida en el laberinto moteado de color verde oliva. Las especies visitantes —la más conocida de las cuales es la anguila— sólo vienen aquí a reproducirse, y pasan la mayor parte de sus vidas lejos del mar de los Sargazos, realizando viajes increíblemente largos.

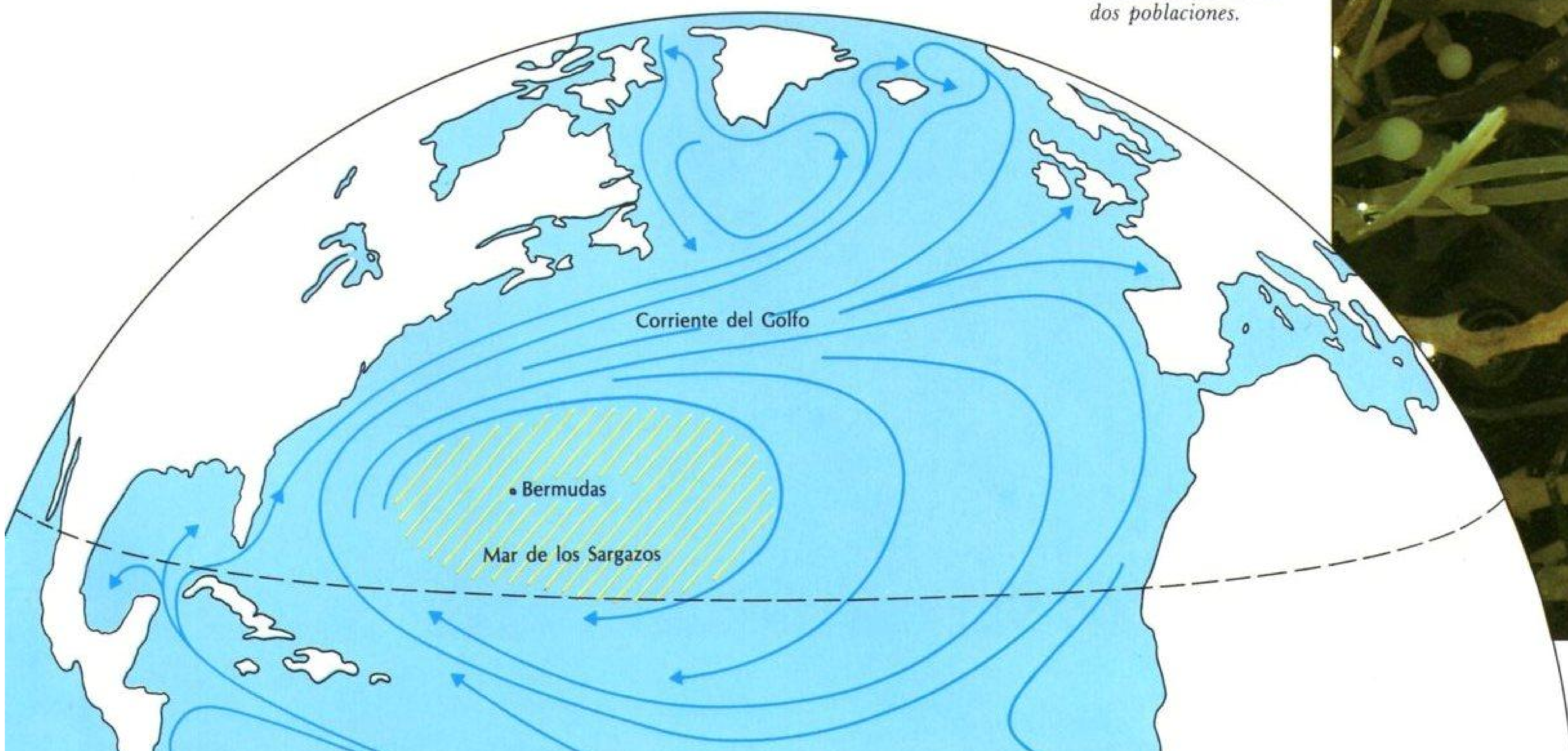
Entre los peces residentes, los hay de todas clases. Los alúteros, pequeños parientes del pez globo, se alimentan del sargazo mismo. Numerosos peces aguja, maravillosamente camuflados, circulan entre el follaje, buscando sin cesar invertebrados que les sirvan de alimento.

Pero el más curioso de estos especialistas es, sin duda, el pez de los sargazos, una especie de pejesapo cuyo nombre científico, *Histrio histrio*, significa «el actor». Y, en efecto, se trata de un consumado ilusionista que finge ser una fronde de sargazo. Su cuerpo rechoncho, de unos 20 cm de longitud, está cubierto de manchas negras y verdeamarillentas, que imitan a la perfección las formas y tonalidades del alga.

Como si no le bastara con este asombroso mimetismo, el pez de los sargazos se agarra a las algas con sus aletas pectorales, maravillosamente modificadas para esta función, de modo que flota y oscila exactamente igual que el alga. Las aletas pectorales se han



El cangrejo de los sargazos, Portunus sayi, *ha adoptado un camuflaje muy semejante al del pez de los sargazos. Una adaptación tan perfecta parece indicar que las «praderas» de sargazos llevan existiendo muchísimo tiempo.*



Las lentas corrientes del Atlántico norte mantienen confinadas las aguas del mar de los Sargazos y ayudan a las larvas de anguila a llegar a las costas de América del Norte y Europa. El mapa de la página 216 indica la distribución de las dos poblaciones.

transformado en «brazos» cortos y flexibles, con «manos» de 10 dedos en sus extremos; los radios que forman los «dedos» se agarran a las algas con mucha fuerza. El pez de los sargazos no nada para acechar a sus presas, sino que trepa muy despacio por entre las algas, como si fuera un perezoso desplazándose por las copas de los árboles de la selva amazónica.

Para atraer a sus presas, que son peces alú-

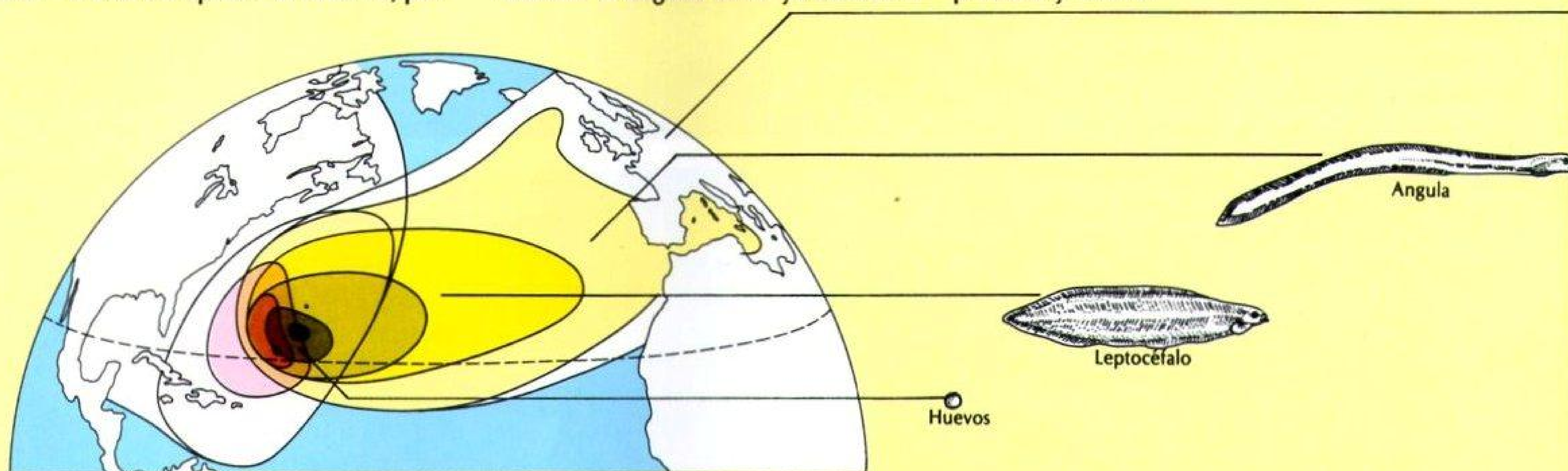


Los contornos del pez de los sargazos están desdibujados por apéndices de piel que parecen frondes de alga. Y el camuflaje de su piel incluye manchas blancas que imitan a las colonias de briozoos y gusanos tubícolas que crecen incrustados en el alga.

Un ciclo vital asombroso

De los huevos de anguila salen pequeñas larvas llamadas leptocéfalos, que se dejan arrastrar por las corrientes marinas a grandes distancias. Al acercarse a las costas de Norteamérica —al cabo de un año— o a las europeas —al cabo de, por lo menos, tres años—, se transforman en angulas, que penetran a millares en los ríos y nadan corriente arriba para establecerse en el curso alto, donde continúan creciendo.

Cuando la anguila tiene ya catorce o quince años, cambia su coloración grisverdosaamarillenta, para convertirse en una «anguila plateada» y emprender el largo viaje de regreso al mar de los Sargazos, sitio en el que, finalmente se reproduce y muere.



terós y algunos invertebrados grandes, el pez de los sargazos utiliza un cebo flexible —un radio modificado de la aleta dorsal— que mueve sugestivamente delante de su enorme boca. Los incautos que confunden el cebo con un bocado de comida son rápidamente engullidos por el astuto cazador, que abre la boca y se los traga de golpe.

Pero el ciclo vital más intrigante y misterioso es el de las anguilas, los grandes migradores del mar de los Sargazos.

Desde los tiempos más antiguos llamó la atención el hecho de que en las aguas dulces de Europa hubiera anguilas adultas, pero nunca se encontraron huevos ni ejemplares jóvenes.

Incluso el filósofo griego Aristóteles llegó a sugerir que las anguilas se engendraban espontáneamente en el fango del fondo de los lagos.

Más adelante, en algunos países del norte de Europa, el Mediterráneo y la costa este de Norteamérica, se observó que en ciertas épocas del año llegaban a los estuarios de los ríos pequeñas larvas de anguila —las angulas—, que nadaban río arriba hasta llegar a las aguas dulces del interior, donde seguían creciendo pero sin reproducirse nunca. En otras épocas, anguilas más grandes, con la piel plateada y los ojos mucho mayores, bajaban hasta las aguas de los estuarios. Pero todos estos datos no aportaban ninguna luz sobre el enigma principal: dónde se reproducían las anguilas adultas.

Hubo que esperar a las primeras décadas de este siglo para que el misterio quedara resuelto, gracias a la concienzuda labor detectivesca del oceanógrafo danés Johannes Schmidt (1877-1933). A finales del siglo pasado quedó demostrado que los leptocéfalos, unos pececillos alargados con forma de hoja que se pescaban con cierta frecuencia en aguas del Atlántico, no pertenecían a una especie nueva de pez. Aunque su aspecto era bastante diferente del de las angulas, se demostró que se trataba de otra forma de larva de anguila. Pero, ¿de dónde habían salido?

A partir de 1904, Schmidt siguió la pista de estas criaturas transparentes que nadan entre el plancton, iniciando su investigación en las islas Feroe, al norte de Escocia. No tardó en descubrir que cuanto más se desplazaba hacia el sur y hacia el oeste, más leptocéfalos encontraba, y más pequeños eran éstos.

Parecía que se iba aproximando al lugar donde habían nacido. Y por fin se descubrió el lugar donde se reproducen las anguilas: en el mar de los Sargazos, a profundidades de 300 a 600 m, bajo el dosel protector de la masa de algas. Aquí se encontraba también el territorio de cría del congrio, un pez muy semejante a la anguila pero exclusivamente marino, que alcanza un tamaño mayor que el de su pariente de agua dulce.

Para reproducirse en esta zona, las anguilas tienen que realizar una larguísima migración en dos direcciones. Las larvas que salen de los huevos se dejan arrastrar por las corrientes marinas, bien hacia la costa este de Norteamérica, bien hacia Europa, siguiendo la corriente del Golfo, en una migración que dura varios años.

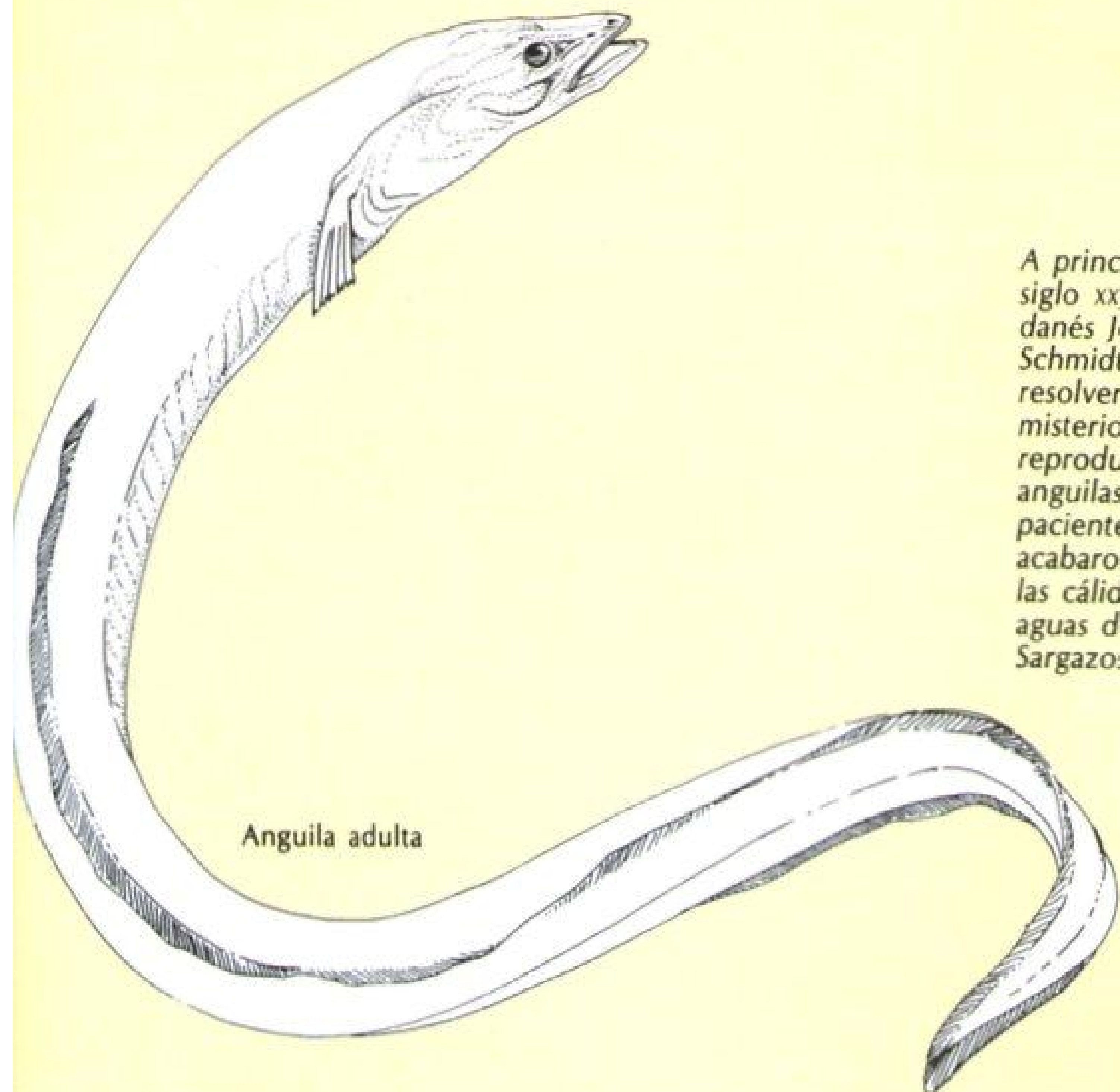
Después de haber crecido en aguas dulces, cuando ya tienen unos 10 años de edad, las anguilas adultas regresan al mar y emprenden de nuevo el largo viaje, para reproducirse y morir en el mar de los Sargazos.

Todavía queda un misterio por resolver en el ciclo vital de la anguila.

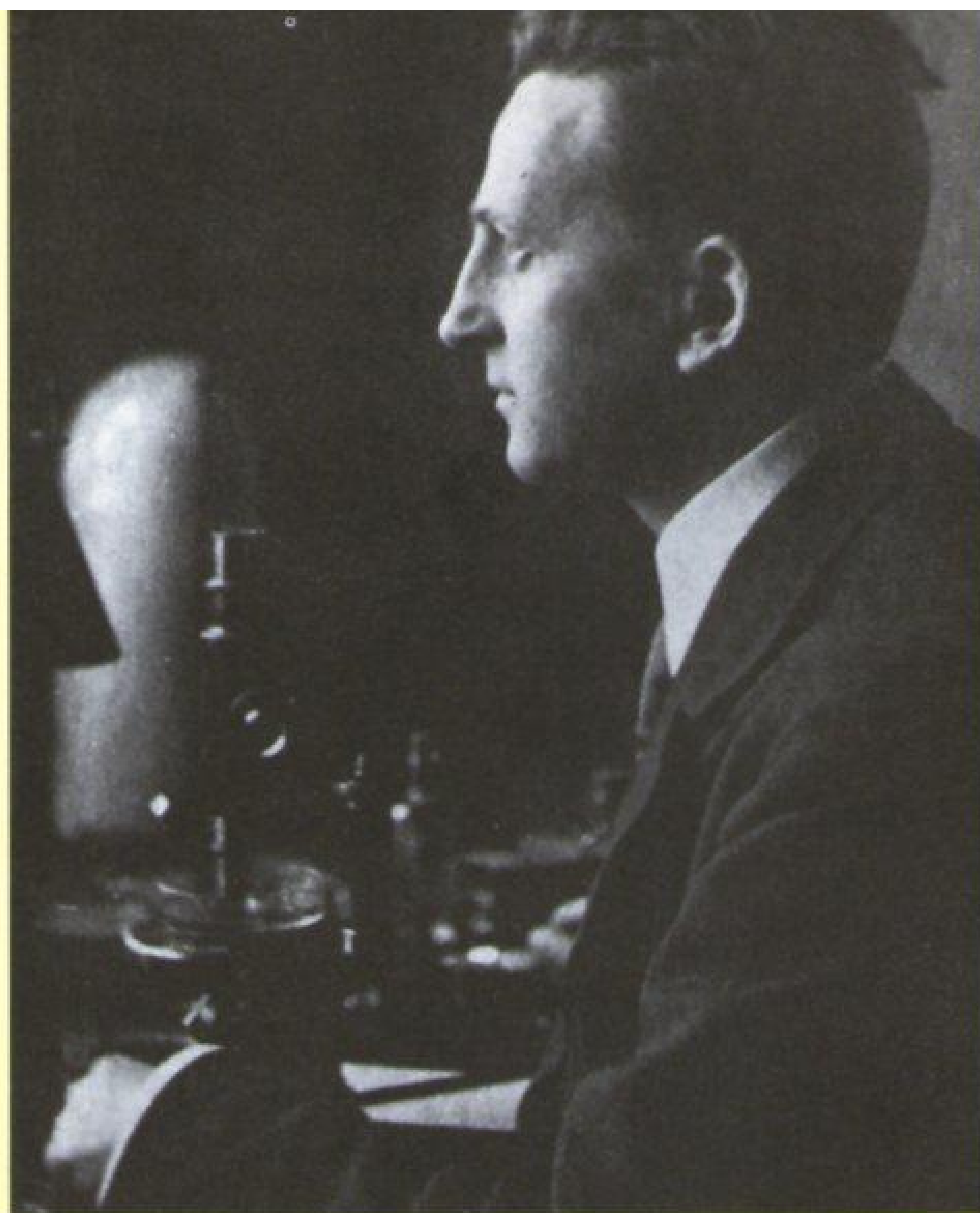
Algunos científicos, si bien aceptan la evidencia de la migración de las larvas, no están convencidos de la migración inversa de las anguilas adultas europeas. Según ellos, son las anguilas norteamericanas, que tienen que realizar un viaje mucho más corto, las que engendran todas las larvas, incluyendo las que llegan a Europa.

De ser cierta su hipótesis, la anguila europea sólo realizaría el viaje de ida y jamás volvería al mar de los Sargazos a reproducirse.

Esto parece muy improbable, ya que la vida de la anguila presenta tantos aspectos extraordinarios que no hay razón para dudar de este alarde final.



A principios del siglo XX, el científico danés Johannes Schmidt se propuso resolver el antiguo misterio de la reproducción de las anguilas. Años de paciente investigación acabaron llevándolo a las cálidas e inmóviles aguas del mar de los Sargazos.



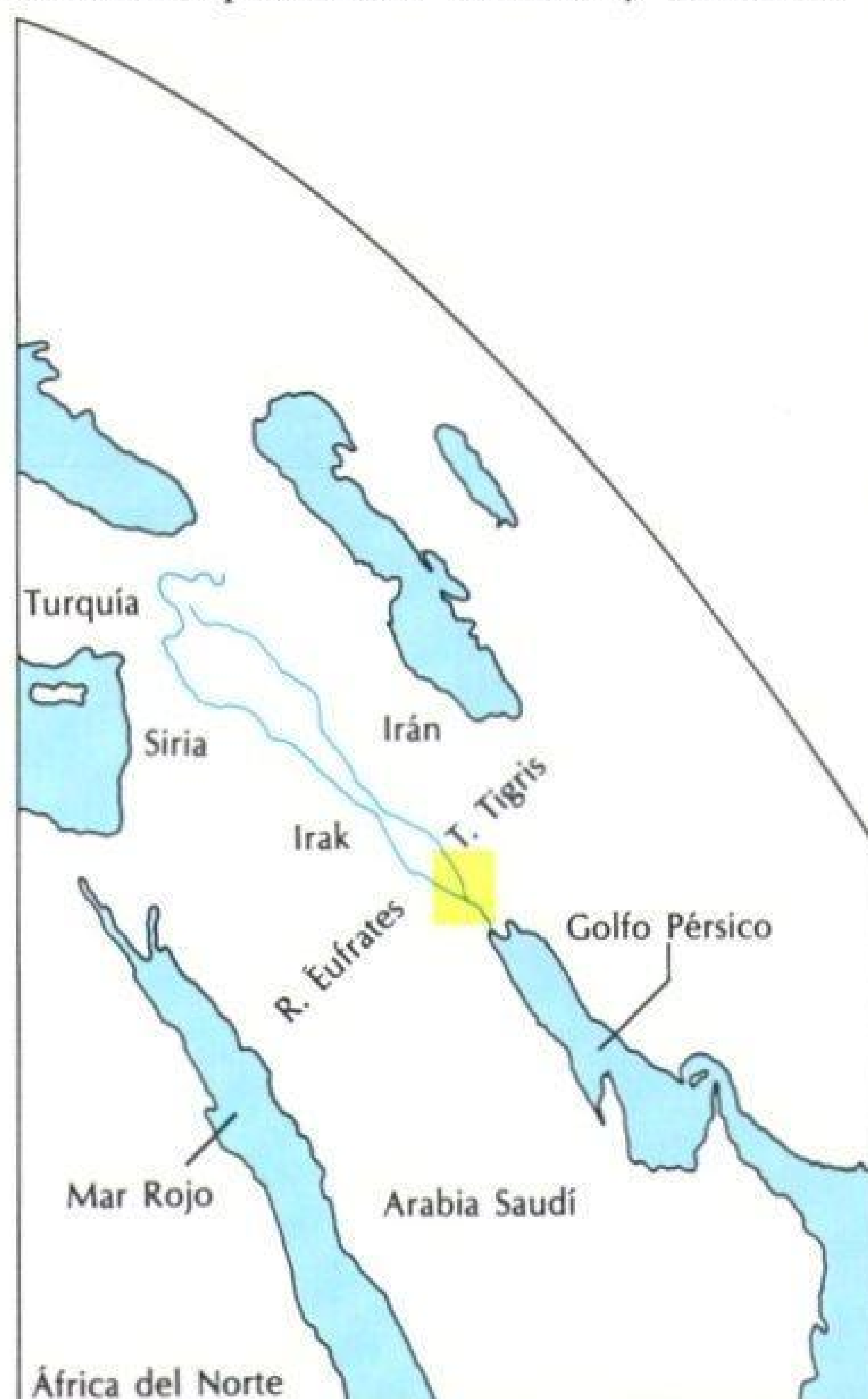
Los adultos jóvenes de la anguila europea, Anguilla anguilla, *de color grisverdoso o grisparduzco, habitan en los ríos de toda Europa, pudiendo llegar hasta Egipto e incluso el mar Negro. Cuando alcanzan la plena madurez, adquieren su característica coloración negra y plateada. Ya están dispuestos para el largo viaje de regreso al mar de los Sargazos, donde se reproducen.*

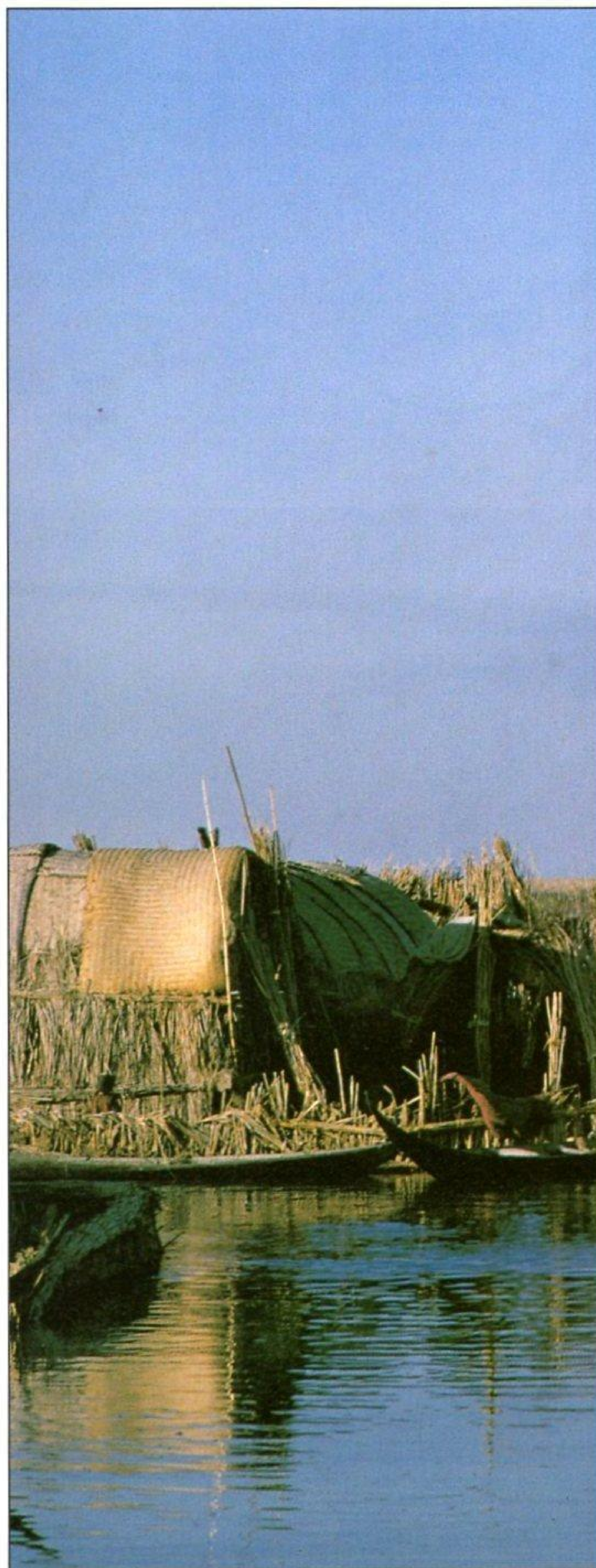
Los habitantes del pantano

Las marismas del sur de Irak son uno de los últimos parajes recónditos de la tierra, cuyos habitantes casi no han variado su modo de vida en 6.000 años. Estas marismas constituyen la zona húmeda más extensa del mundo, comprendida entre los cursos inferiores de los ríos Tigris y Éufrates, unos 225 km al sureste de Bagdad y 64 km al noroeste del puerto de Basora.

No resulta fácil precisar su extensión exacta, ya que varía constantemente, sobre todo con los desbordamientos de los dos ríos en primavera y principios de verano, cuando se forma un vasto mar en lo que antes era desierto. En mayo y junio, cuando los desbordamientos son máximos, toda la región comprendida entre Basora y Kut, a orillas del Tigris —más de 300 km— puede quedar cubierta por las aguas, emergiendo tan sólo, a modo de islas, las partes más elevadas del terreno.

El Tigris y el Éufrates nacen en las montañas de Turquía, y a lo largo de su curso atraviesan profundos cañones y estrechas





Una atmósfera de misterio casi irreal envuelve las aldeas palustres de las marismas, paradójicamente aisladas de los desiertos vecinos por grandes extensiones de agua. Entre los cañaverales asoman grupos de islotes artificiales, cada uno de ellos con una casa construida a base de haces de caña y apretadas esteras que sirven como suelo, paredes y techo.
El humo que se eleva de los fuegos hechos con estiércol de búfalo y el paso de numerosas canoas revelan la presencia de la aldea. De vez en cuando, se ve pasar una barcaza de quilla plana que transporta mercancías al borde de las marismas.

La zona amarilla del mapa indica la situación de las marismas. En la página 221 se la reproduce a escala ampliada.



gargantas, arrastrando grandes cantidades de material de aluvión arrancado de la tierra. Estos materiales se depositan en forma de sedimentos cuando los ríos llegan a las llanuras de Irak y Siria, respectivamente, convirtiendo el terreno calcinado en tierra fértil para el cultivo.

Una vez gastada su energía inicial, los ríos discurren casi paralelos a través del antiguo valle de Mesopotamia y las llanuras sumerias. En muchos lugares, sus aguas cenagosas están conectadas por canales naturales y artificiales. Por fin, las dos corrientes se juntan en Qurnah, a 64 km al norte de Basora, donde, según la leyenda, se encontraba el Jardín del Edén.

Las marismas han existido siempre, pero en otros tiempos no eran tan extensas como ahora. Tres mil quinientos años antes de Jesucristo, los sumerios ya habían domesticado las aguas del Tigris y el Éufrates, construyendo en Mesopotamia un complicado e ingenioso sistema de control de aguas, que incluía la desecación de grandes zonas de marismas, la construcción y mantenimiento de canales de riego, y el levantamiento de diques en torno a pueblos enteros, construidos bajo el nivel del mar. Los babilonios perfeccionaron aún más el sistema. Pero desde entonces, exceptuando un breve período durante el siglo VIII en el que se volvieron a ganar tierras a las marismas, el Tigris y el Éufrates han continuado desbordándose en épocas fijas, extendiendo las marismas hasta sus dimensiones actuales.

El modo de vida de los ma'dan o árabes de las marismas ha cambiado muy poco a lo largo de los siglos. En el interior del bosque de *qasab* —las cañas de 6 m de altura que crecen en las marismas—, existe un mundo aparte. Las aguas son límpidas, tranquilas y poco profundas (unos 2,4 m por término medio), y el único medio de locomoción son pequeñas canoas, llamadas *mashufs;* cada familia tiene por lo menos una.

Los ma'dan vienen construyendo sus embarcaciones de la misma manera desde que los sumerios se aventuraron por primera vez entre los cañaverales en busca de pesca y aves acuáticas. Pero como ya no crecen árboles en la zona, ahora tienen que importar la madera de Malasia e Indonesia. Para impermeabilizar sus canoas utilizan brea, que brota de los pozos naturales de Hit y Ramadi, en la región central de Irak.



Las aldeas de los ma'dan, repartidas por todas las marismas, parecen también salidas del pozo de la historia. Según el relato babilónico de la Creación, transcrito dos mil años antes de Cristo, Marduk, el padre de los dioses, creó en primer lugar los cielos. A continuación «construyó una plataforma de cañas sobre la superficie de las aguas; luego creó tierra y la esparció sobre la plataforma». De este modo se creó el mundo. Y del mismo modo siguen creando los ma'dan actuales sus mundos particulares, pues antes de construir su casa cada ma'dan tiene que construir primero su isla.

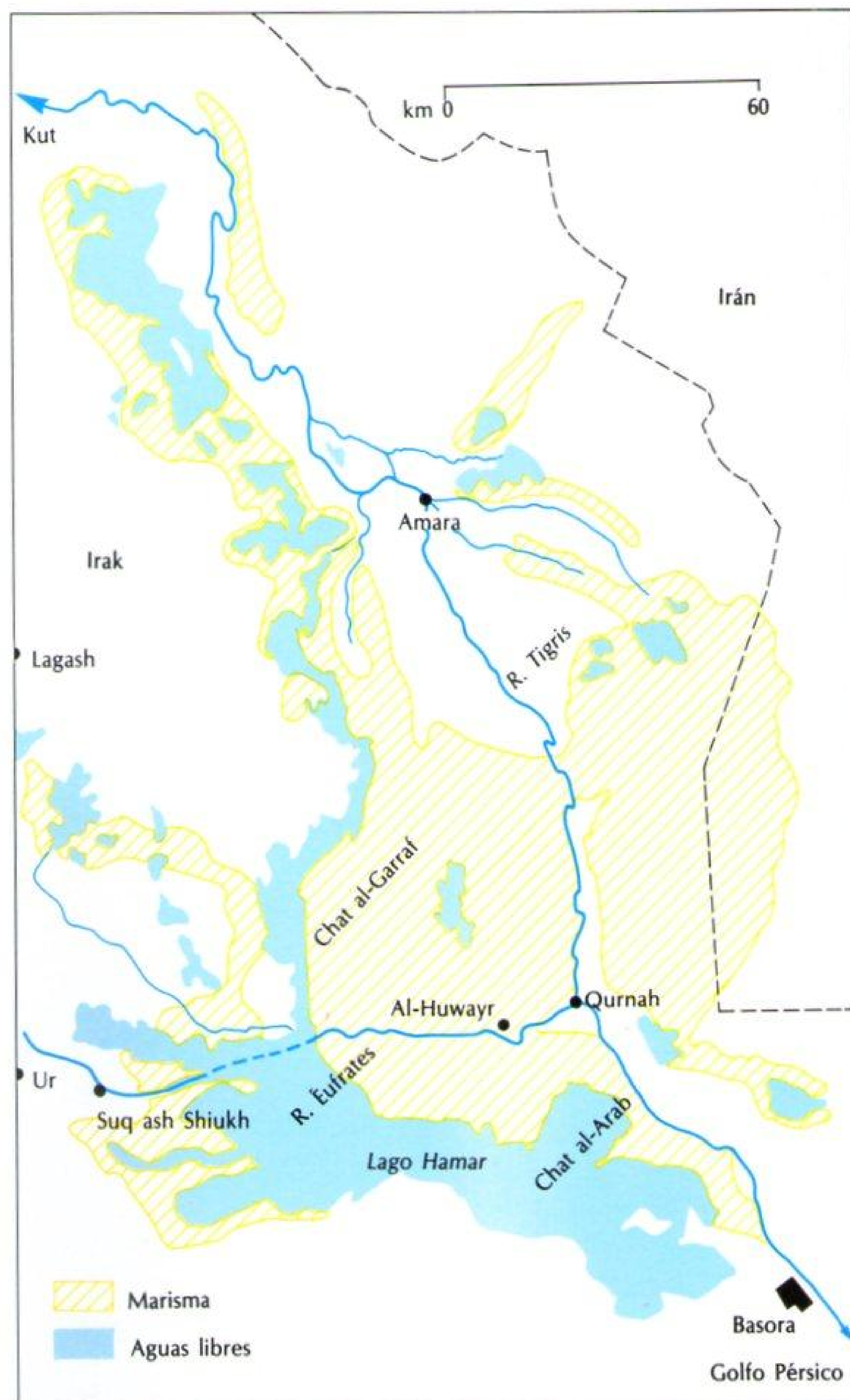
El primer paso consiste en amontonar grandes cantidades de juncos cortados dentro de una cerca de cañas construida en medio del agua. A veces extienden capas de barro entre los juncos y apisonan toda la masa. Cuando el montón llega a la superficie, doblan la cerca de cañas encima de él y añaden más cañas, apisonándolas hasta formar una isla compacta, que parece capaz de durar eternamente. Algunas islas, ya abandonadas, tienen sin duda varios miles de años de antigüedad.

La isla así construida tiene que ser lo bastante grande para alojar no sólo a la familia, sino también a sus búfalos, vacas y ovejas, que pasan las noches de verano y todo el invierno en la plataforma, junto a la casa. El ganado se alimenta de brotes de caña, juncos y espadañas.

También existen islas naturales de barro

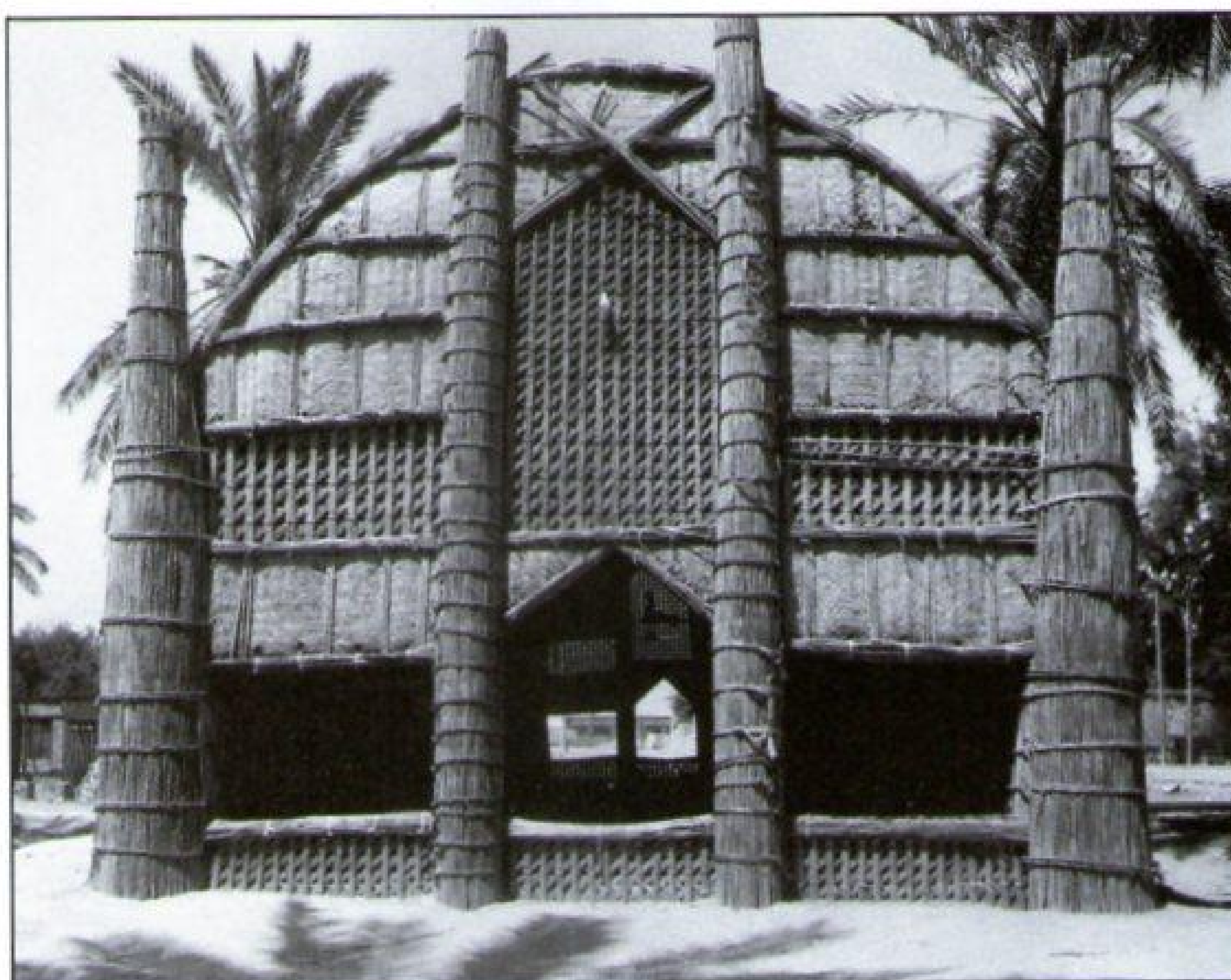


La vida en las marismas tiene un carácter intemporal, impuesto por los desbordamientos periódicos de los grandes ríos, y en ellas aún persisten antiguas tradiciones. Los ma'dan siguen pescando como lo hacían sus antepasados, desde la proa de sus canoas y usando tridentes de cinco puntas. Occidente tuvo conocimiento de la existencia y costumbres de este pueblo orgulloso e independiente en los años cincuenta, gracias a los libros y fotografías del último de los grandes exploradores de Arabia, Wilfred Thesiger.



compacto, que sobresalen unos 3 m de la superficie del agua. Son lugares misteriosos, donde los ma'dan entierran a sus muertos, convencidos de que se trata de los emplazamientos de antiguas ciudades, habitados por espíritus del pasado.

En la actualidad, sobre las marismas vuelan aviones a reacción; lanchas motoras surcan a toda velocidad sus canales; los pescadores utilizan redes; médicos y maestros visitan las aldeas más remotas; y el gobierno facilita a los cultivadores de arroz la adquisición de trilladoras y aventadoras. El futuro del mundo intemporal de las marismas se encuentra en la balanza; los ma'dan están a punto de ser alcanzados por la marea de la modernidad.



La casa comunal o mudhif *de cada aldea es una estructura imponente, que suele medir más de 15 m de longitud y 4,5 de altura y anchura, con un gran tejado abovedado, sostenido por grandes columnas hechas con haces de cañas. Se la utiliza para reuniones sociales y para agasajar a los visitantes con café fuerte y amargo, arroz, pollo y pescado.*

Vagabundos del océano Atlántico

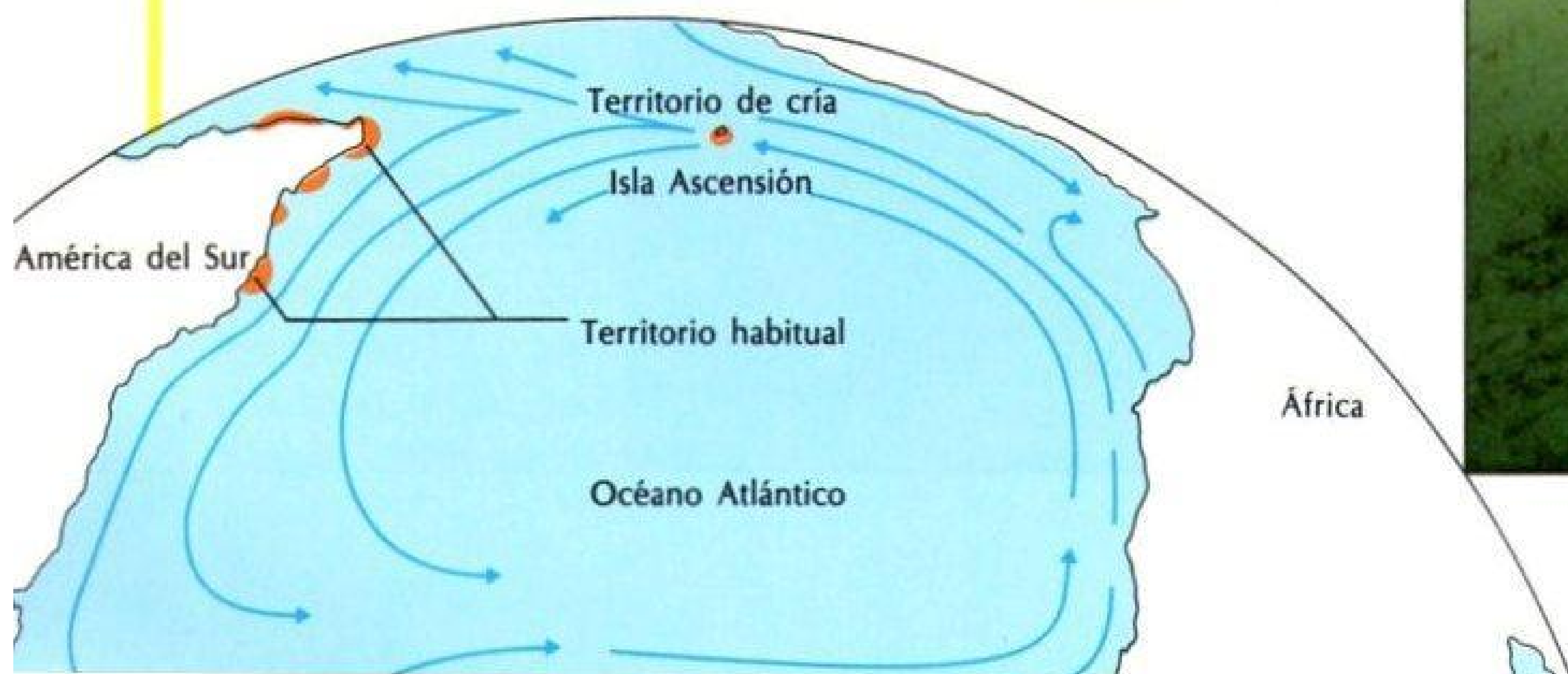
Si se encontrara usted flotando en el océano, a más de 1.000 km del continente más cercano, ¿sería capaz de detectar la presencia de una isla más allá del horizonte? ¿Irradian las islas algún tipo de indicación no visual de su existencia? Los seres humanos carecen de la capacidad de reconocer tales indicaciones; pero al parecer, la sorprendente tortuga verde del Atlántico, *Chelonia mydas*, sí puede sentirlas.

Cada dos o tres años, las tortugas verdes que viven frente a las costas de Brasil, alimentándose de algas marinas, nadan hasta la isla de Ascensión, en medio del Atlántico sur, para aparearse y poner sus huevos en la misma zona —y muchas veces en la misma playa— donde ellas salieron del cascarón. La isla es una minúscula mota de tan sólo 8 km de diámetro, situada a 2.250 km de distancia, a pesar de lo cual las tortugas consiguen localizarla.

¿Qué ruta siguen las tortugas? ¿Cómo se orientan y qué las impulsa a emprender el viaje? Desde luego, su ruta podría estar determinada por las corrientes oceánicas del Atlántico, pero se hace difícil creer que sea ésta la causa. En primer lugar, las corrientes oceánicas no son constantes, y se interrumpen con frecuencia a causa del viento o de otras corrientes; en segundo lugar, seguir las rutas indirectas de las corrientes tomaría mucho tiempo, y ¿de qué iban a alimentarse durante el trayecto las tortugas, que son animales herbívoros? En tercer lugar, las aguas de las corrientes oceánicas pueden ser muy frías, en especial las de la corriente del Viento Oeste del Sur, cuya temperatura



Con sus fuertes aletas trabajando al unísono, como las alas de un ave, las grandes tortugas verdes atraviesan medio Atlántico sur para reproducirse en la isla de Ascensión. Aún no sabemos lo que las impulsa a emprender este asombroso viaje, pero su estructura cerebral parece indicar que poseen un agudo sentido del olfato y un sentido de la orientación muy desarrollado, que las guían hasta las mismas playas donde nacieron.



Las tortugas verdes pueden nadar a lo largo de la costa de Brasil hacia el norte o hacia el sur, para aprovechar las corrientes oceánicas en su migración, aunque lo más normal es que los adultos sigan una ruta directa, en contra de la corriente ecuatorial del sur.



puede bajar hasta 4,5 °C, un nivel letal para las tortugas.

La ruta más probable es la directa hacia el este, en contra de la corriente Ecuatorial del Sur, que fluye hacia el oeste. De ser así, las tortugas se amoldarían a la pauta clásica de migración de los animales acuáticos. Los individuos adultos y vigorosos nadan contra la corriente, y los jóvenes débiles e inexpertos se dejan arrastrar por ella.

Suponiendo que las crías recién nacidas conserven impreso en la memoria el olor o el sabor de las aguas de Ascensión, que sintieron la primera vez que se adentraron en el mar, esta ruta permitiría a los adultos que regresan detectar las posibles efusiones de la isla en la corriente Ecuatorial del Sur. Luego, les bastaría seguir este olor o este sabor corriente arriba, hasta llegar a divisar la isla. Es bastante probable que puedan verla desde unos 30 km de distancia, ya que el monte Verde se alza a 1.524 m sobre el nivel del mar, y su cima suele estar cubierta de nubes que se alzan a mucha más altura. Otro posible indicio serían las aves marinas que vuelan en torno a la isla.

Pero aun suponiendo que la isla de Ascensión emita algo que las tortugas verdes son capaces de detectar, todavía queda por explicar cómo se orienta la tortuga en pleno océano para llegar a la isla.

Según una teoría, las tortugas poseen algún órgano que les permite navegar siguiendo las estrellas. Otra hipótesis, con más visos de posibilidad, sugiere que poseen un sentido de orientación que les permite determinar la altura del sol a mediodía, y de este modo precisar la latitud a la que se encuentran.

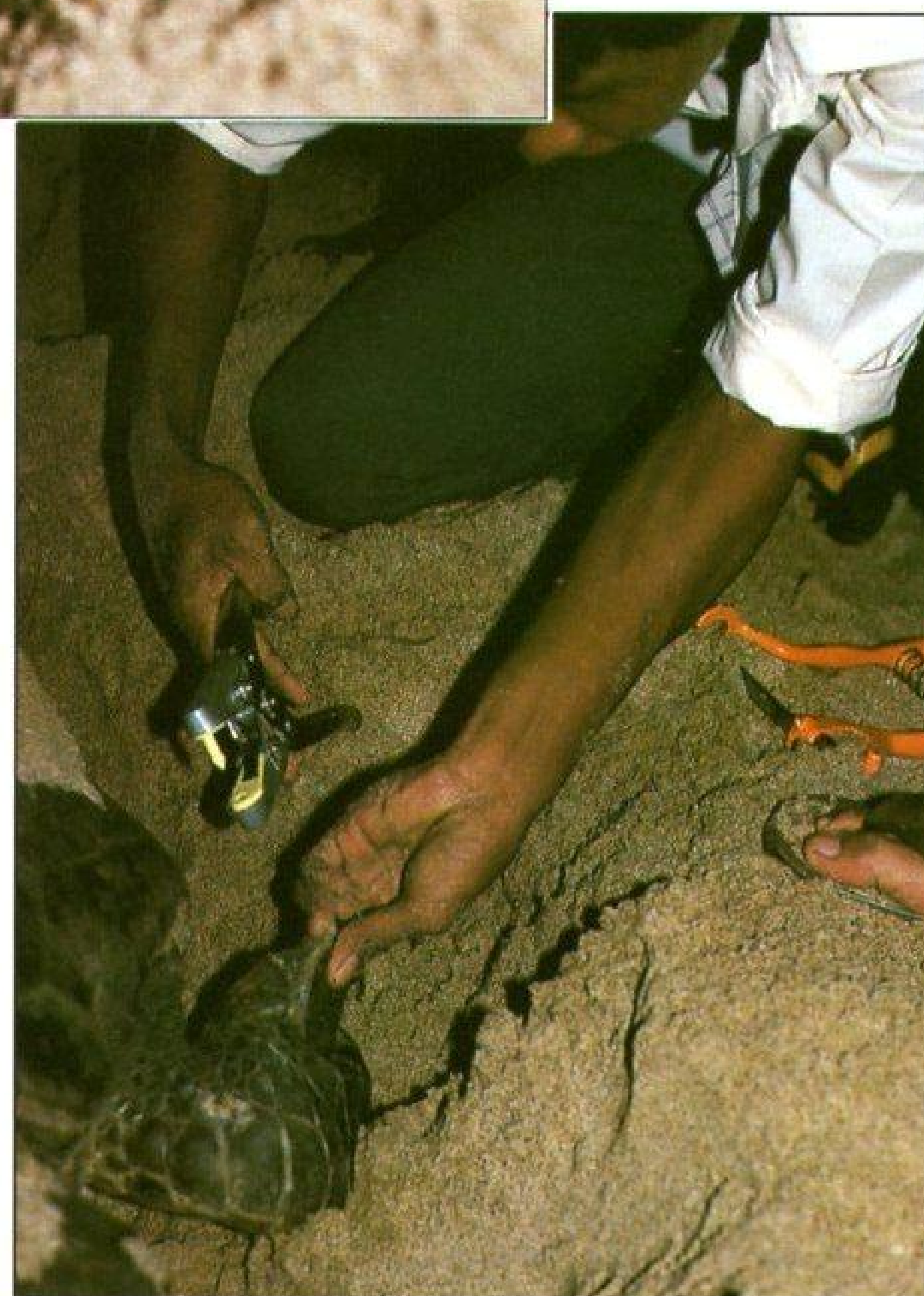
Según esta teoría, las tortugas verdes se desplazan hacia el norte o hacia el sur siguiendo la costa de Brasil, guiadas por su sentido del olfato o del gusto, hasta que llegan al punto donde tocaron tierra por primera vez cuando eran jóvenes. Este punto debe encontrarse aproximadamente a la misma latitud que la isla de Ascensión. A partir de aquí, las tortugas nadan hacia el este, en contra de la corriente Ecuatorial del Sur, valiéndose de su sentido de orientación para mantenerse siempre en la misma latitud, hasta acercarse a la zona en que sus otros sentidos captan las misteriosas emisiones de la isla. Pero esta teoría no explica cómo corrigen su ruta para rectificar las desviaciones provocadas por el viento o las fluctuaciones de las corrientes marinas.

Para verificar estas teorías, habría que seguir toda la trayectoria de una tortuga adulta, pero hasta ahora no se ha conseguido tal cosa. Para seguirlas en desplazamientos cortos, la Universidad de Florida ha utilizado boyas remolcadas por la tortuga, con un globo de helio que indica la posición; para recorridos más largos, se han empleado transmisores de radio montados en la concha de las tortugas.



Al cabo de dos o tres meses, las crías recién nacidas se abren paso hasta la superficie y se dirigen de inmediato al mar, que parecen localizar por el resplandor de la luz sobre el agua. Los machos no volverán a pisar tierra. Pocas crías logran sobrevivir, ya que son devoradas por los peces, aves marinas y otras especies de tortugas. Ellas, a su vez, se alimentan de pequeños invertebrados, medusas, crustáceos y erizos de mar. Pero al cumplir un año de edad adoptan la dieta adulta, a base de algas marinas.

Con sus aletas posteriores, la tortuga hembra excava un agujero de 40 cm justo bajo su cola, y en él deposita unos 100 huevos blancos y redondos, de cáscara blanda y unos 5 cm de diámetro. A continuación, los cubre de arena y regresa al océano.



Marcando a las tortugas —por lo general en una aleta delantera—, los científicos intentan seguir sus desplazamientos. La mejor época para marcar es después de que las hembras hayan puesto los huevos, que es cuando parecen sentir menos miedo de los humanos.



Es muy posible que las tortugas verdes colonizaran la isla de Ascensión de manera accidental, al ser arrastradas algunas hembras hasta allí desde las costas de África occidental, ya que parece que algunas tortugas africanas han llegado de este modo hasta las costas de Brasil. A continuación, la evolución selectiva se habría encargado de que las crías conservaran impresa una información que les permitiera regresar a la isla al hacerse adultas, para reproducirse allí. Pero el misterio sigue en pie. ¿Cómo es posible que haya sobrevivido una colonia de tortugas que llegó por casualidad a desovar en una isla remota situada en mitad del océano, cuando para ello habrían necesitado delicadísimos órganos de los sentidos, que no posee ninguna otra tortuga?

Un oasis rebosante de vida

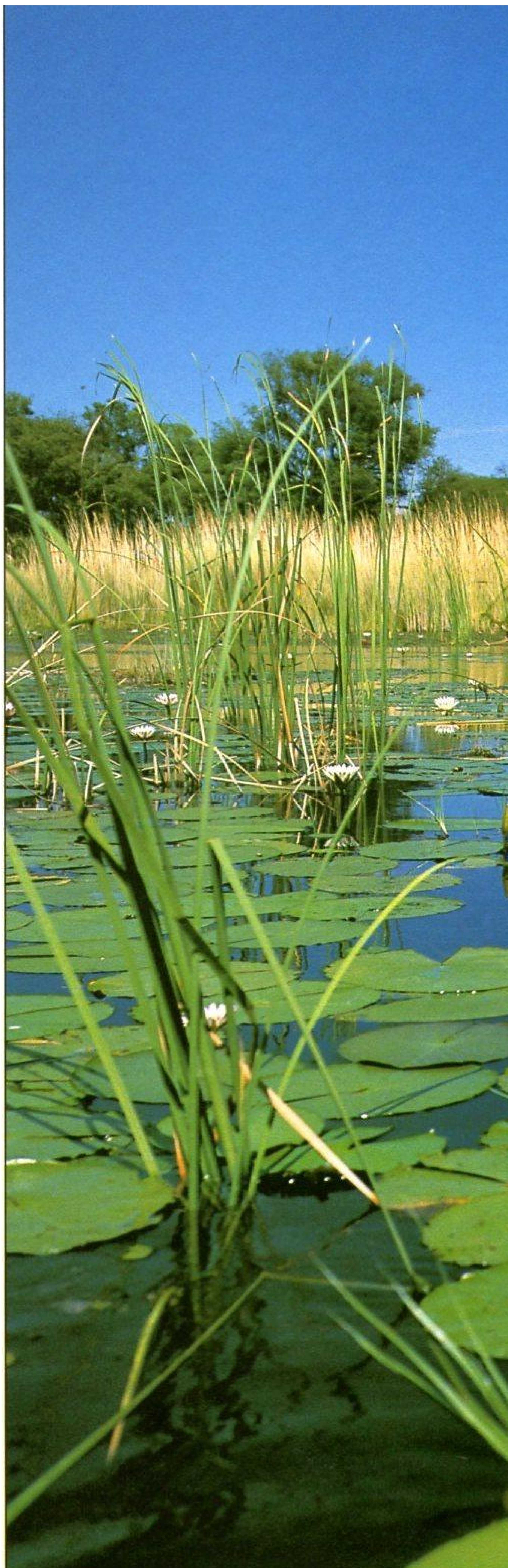
Uno de los grandes misterios de la creación se encuentra en Botsuana, en el interior del sur de África, donde las aguas del río Okavango, el tercero en importancia de la región, se despliegan sobre las arenas del desierto de Kalahari en un laberinto de canales entrecruzados, pantanos, islas y llanuras aluviales, formando el delta interior más grande de la Tierra, donde el agua se comporta de la manera más sorprendente.

Las aguas del delta del Okavango sostienen un ecosistema muy variado, con abundantes plantas, peces, aves y otros animales. También los seres humanos han cazado allí durante miles de años, aunque los emplazamientos fijos en el delta han sido siempre muy escasos. Pero el mundo exterior no supo nada del Okavango hasta 1853, cuando llegó a la región el primer europeo, el explorador sueco Charles Andersson (1827-1867).

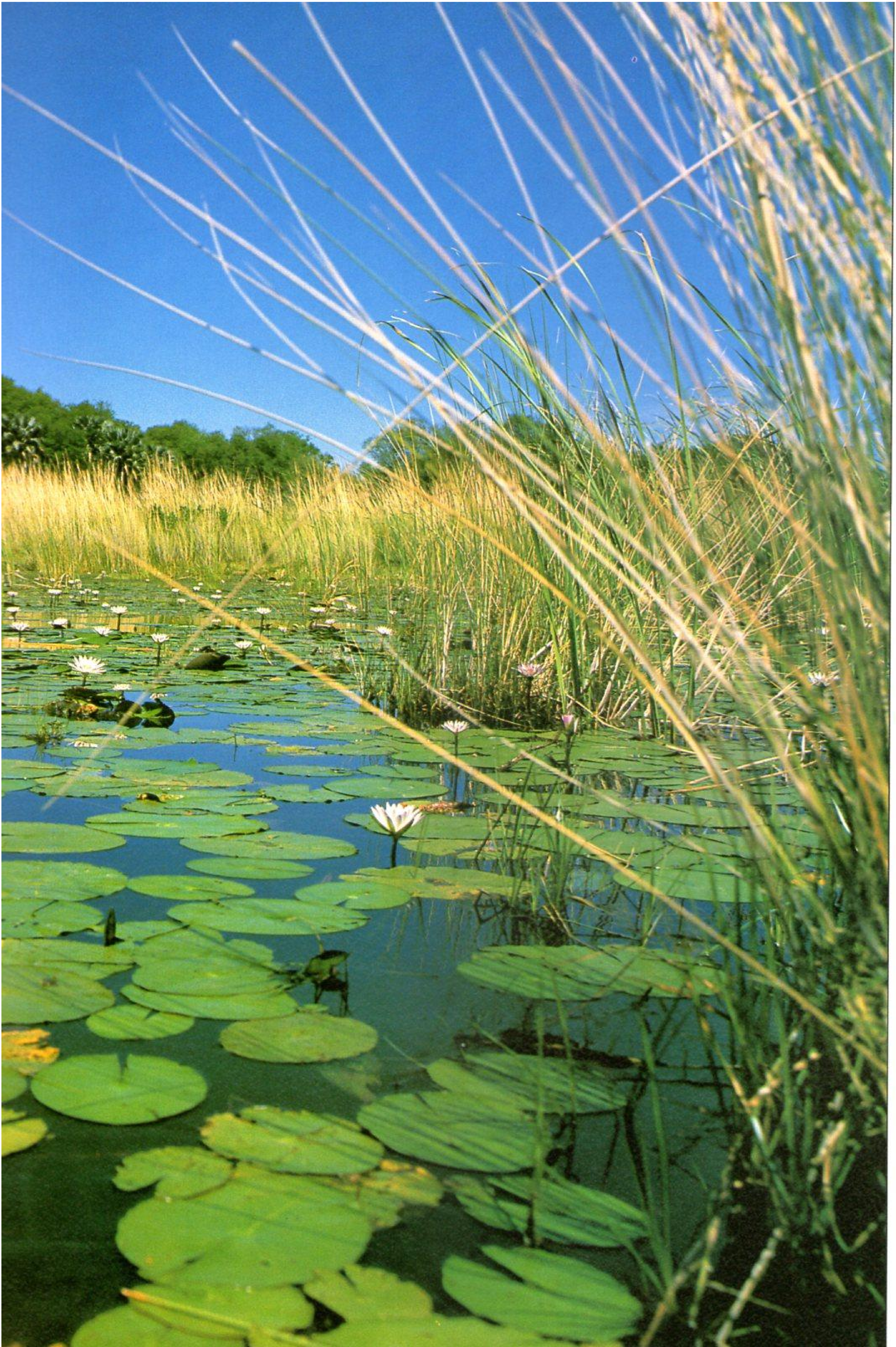
Andersson recorrió parte del sistema de canales, que le pareció «de una belleza indescriptible». Pero el delta, además de hermoso, es un lugar lleno de misterios: un oasis en el semiárido Kalahari; el punto final de un río que fluye tierra adentro, en lugar de hacia el mar; una región donde cada año afluyen enormes volúmenes de agua, que luego desaparecen.

La región del delta se encuentra a unos 1.000 km del océano Atlántico y 1.300 del océano Índico, y abarca una extensión de unos 15.000 km². Su longitud máxima es de 260 km, y el curso del río Okavango recorre otros 1.100 km para llegar al delta desde su lugar de nacimiento en las tierras altas de Angola, donde su nombre es el de río Cubango.

En un año normal, este río y su principal afluente, el Cuando, transportan 1.050 millones de metros cúbicos de agua hasta el delta. Las lluvias añaden otros 500 millones de metros cúbicos. Sin embargo, una de las peculiaridades del delta consiste en que sólo sale de él de un 2 a un 5 por 100 de este agua, mediante ríos periódicos que parten del extenso sistema de pantanos y canales. Sólo



El delta del Okavango, el oasis más grande y hermoso de África, es uno de los fenómenos más extraños de la Tierra: en medio de las arenas ardientes del Kalahari, el gran río se despliega por una zona casi tan grande como Gales y luego se desvanece. Durante los desbordamientos, los canales y lagunas bordeados por cañaverales dan cobijo a una asombrosa diversidad de seres vivos. Los decorativos nenúfares proporcionan polen a las abejas y semillas a los ánsares pigmeos, y en sus flores ponen huevos los mosquitos.



desde el aire se puede disfrutar de una visión general de la topografía de la región, que permite comprobar que la parte principal del delta tiene una forma aproximadamente triangular, con la punta hacia el noroeste, cerca de la aldea de Seronga. La base del triángulo va de suroeste a noreste y es muy accidentada, sobre todo en la franja situada al norte de Maun.

Aunque el Okavango llega al «triángulo» por Seronga, ya antes hay unos 90 km de delta, que forman una región conocida como «el Mango de Sartén», definida por varias fallas geológicas.

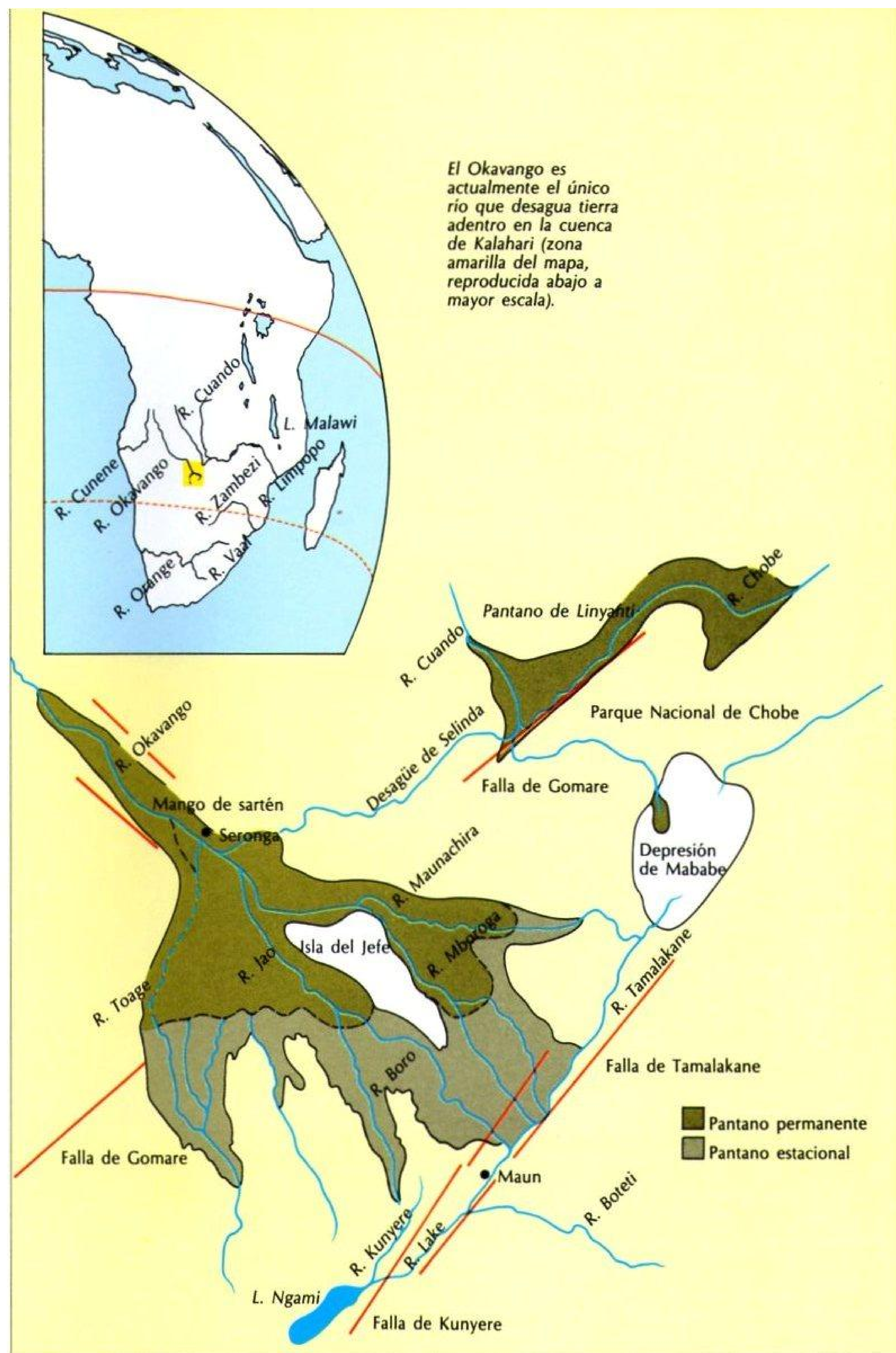
En esta sección, el curso del río —de hasta 6 m de profundidad y 150 de anchura— todavía resulta identificable, pero ya empieza a dispersarse cada vez más, formando pantanos cubiertos de cañaverales e islotes arenosos, colonizados por árboles y plantas herbáceas.

En el vértice del triángulo, las aguas comienzan a desplegarse para formar el delta propiamente dicho, y el río Okavango se divide en un sistema de canales, cuatro de los cuales —el Thoage, el Mboroga, el Jao y el Maunachira— llegan hasta la base del triángulo. Muchos de los canales acaban por extinguirse, o bien se juntan con otros para formar corrientes más grandes, que bordean islas de turba y arena, la mayor de las cuales es la isla del Jefe, de 600 km², en pleno corazón del delta.

Un quinto canal, el Desagüe de Selinda o Magwegqana, sigue un curso diferente. Nada más formarse, sale del delta, dirigiéndose a un segundo delta mucho más pequeño, el pantano de Linyanti, situado a unos 120 km hacia el este.

La forma del delta, vista desde el aire, se ha comparado con la de una mano: el Mango de Sartén sería la muñeca, y el Desagüe de Selinda el dedo pulgar; los otros cuatro canales mayores formarían los demás dedos.

Lo más desconcertante del delta es su propia existencia en el corazón de África, así como el hecho de que un río caudaloso, como el Okavango, pierda sus aguas tierra adentro, en lugar de desembocar en el mar. Las investigaciones geológicas realizadas durante los 20 últimos años han proporcionado muchas de las respuestas, aunque ya en los años veinte un perspicaz geólogo sudafricano, llamado Alex du Toit (1878-1948), había identificado los principales elementos de la explicación.



El Okavango es actualmente el único río que desagua tierra adentro en la cuenca de Kalahari (zona amarilla del mapa, reproducida abajo a mayor escala).

El continente africano lleva existiendo unos 80 millones de años. En tiempos anteriores, África formaba la parte central de una masa de tierra mucho mayor, el supercontinente de Gondwana. Hace unos 200 millones de años, Gondwana empezó a fragmentarse a consecuencia de los movimientos de la Tierra. La Antártida se desprendió de la costa oriental de África hace unos 180 millones de años, y la costa oeste empezó a tomar forma hace unos 130 millones de años, al separarse de la que hoy es América del Sur.

La fragmentación de Gondwana afectó profundamente a las tierras de su zona central, el actual sur de África.

El agrietamiento que inició la formación de los océanos que rodean África levantó la tierra situada a 100-300 km de la costa, creando una característica cresta de terreno elevado que se conoce como la Gran Escarpadura, y que separa las llanuras costeras del interior, el cual se arqueó ligeramente hacia abajo, formando una cuenca alta y poco profunda, con una altitud media de 1.000 m

Descenso suave a la cuenca interior, donde los ríos, de curso lento, pierden agua por evaporación

Desierto de Kalahari

Pendiente empinada hacia la costa, con ríos de curso rápido

El Okavango es el último río que desagua en el interior

Los levantamientos y fallas permiten que los ríos costeros capten las corrientes interiores

Los sedimentos depositados por los ríos extienden la masa de tierra

Desierto de Kalahari

Los ríos de curso rápido abren brechas en la escarpadura

La erosión hace que la escarpadura se desplace tierra adentro

Cómo se formó el delta

La Gran Escarpadura dividió los ríos del sur de Africa en dos sistemas: ríos relativamente cortos y de curso empinado, que desembocan en el mar; y ríos con pendiente suave que desembocan en la gran cuenca interior del Kalahari.

Las huellas dejadas en el paisaje indican que algunos grandes ríos, como el Cuando y el Zambezi, cuyos cursos superiores corren paralelos al del Okavango, fluyeron en otros tiempos hacia el interior, formando parte del sistema de tierra adentro. A excepción del Okavango, estos ríos han sido captados por el sistema costero, que ha atravesado la escarpadura, llevándose algunas corrientes que antes se perdían en la cuenca.

El delta se ha ido formando porque el río Okavango corre sobre una fosa tectónica que va de noreste a suroeste, y cuya cara sureste, la falla de Tamalakane, forma el límite inferior del delta. A diferencia de la Gran Fosa Tectónica, de la que constituye una prolongación, ésta no forma un valle de paredes empinadas, ya que los sedimentos fluviales lo han ido llenando durante miles de años, formando una capa de 300 a 1.000 m de espesor.



Fotografía del delta del Okavango tomada desde un satélite. Se aprecia claramente cómo la fosa tectónica ha estancado el río, cuyas aguas se reparten por pequeños canales, depositando su carga de sedimentos.

sobre el nivel actual del mar. En esta cuenca penetra el río Okavango, para perderse en las arenas del Kalahari.

La parte norte del delta recibe agua del río durante todo el año; las partes central y del sur experimentan un ciclo anual de bajada y subida de las aguas en los canales y pantanos.

Las riadas anuales que se producen en Angola después de las lluvias de verano (noviembre-febrero) no llegan al delta hasta abril, y todavía tardan tres meses más en llegar a Maun. Al llegar la riada, el nivel del

agua en los canales bordeados de papiros asciende un metro, suficiente para inundar las praderas que bordean las islas del delta y los pequeños canales estacionales.

Al extenderse el agua sobre el delta, su superficie aumenta, lo cual facilita su evaporación, que es la principal causa de pérdida de agua, ya que la llegada de la riada coincide con la estación seca. Por encima del delta, el aire es muy cálido y seco, y puede absorber una gran cantidad de humedad.

Aun así, algo de agua consigue salir del delta: al suroeste, por la falla de Tamalakane, hacia el lago seco de Ngami, y al noreste hacia la depresión de Mababe. Una pequeña cantidad de agua abandona por completo el sistema por el río Boteti, que se adentra en el Kalahari.

En septiembre, el nivel del agua en el delta suele descender con rapidez, pero poco después llega un nuevo aporte de agua, pues en noviembre comienzan las lluvias, que se prolongan hasta marzo y suministran aproximadamente del 30 al 35 por 100 del agua del delta. La cantidad total de agua recibida puede variar considerablemente de un año para otro, dependiendo de la lluvia que cae en el propio delta y en la zona de captación.

Hay años en que los canales sólo llevan agua hasta la mitad del delta. Pero la distribución de sedimentos aluviales en las zonas que bordean el actual sistema de canales indica que, al menos durante algún período geológico pasado, las condiciones debieron ser más húmedas que en la actualidad, ya que los sedimentos cubren una zona de 7.000 km² en torno al delta.

Los pantanos y las fértiles praderas del delta del Okavango, asombroso oasis en medio del desierto, albergan una enorme variedad de formas de vida. Especies adaptadas a ambientes húmedos conviven con otras más típicas del desierto de Kalahari. La fauna varía con las estaciones, dependiendo de la cantidad de agua, y también como respuesta a los diferentes ecosistemas que el delta contiene.

Se han identificado más de 400 especies de aves, muchas de ellas poco comunes, como el pelícano dorsirrosa, la grulla barbuda y la garceta pizarrosa; esta última sólo cría en el delta.

En los canales y lagunas se han encontrado 65 especies de peces, que sirven de alimento a las aves y los pescadores humanos, y también viven hipopótamos y cocodrilos. En las lagunas y llanuras aluviales viven además dos especies de antílopes, el cobo lichi y el sitatunga, especialmente adaptados a la vida en un ambiente acuático.

Las islas más grandes cuentan con poblaciones fijas de elefantes y búfalos. También acuden al delta y sus alrededores jirafas, cebras y muchas especies de antílopes típicos del Kalahari, junto con depredadores como el león, el leopardo, la hiena, el guepardo y el perro salvaje del Cabo, todos ellos atraídos por la abundancia de alimentos: caza, pasto, follaje y agua.

Durante los últimos siglos, los principales habitantes humanos de la zona del delta han sido comunidades de la etnia tswana. Hasta hace pocos años, las dificultades de acceso y el peligro de contraer el paludismo o la enfermedad del sueño restringían la ocupación y utilización del delta, limitándolas a sus bordes.

Un colectivo, el de los ba yei, vive de la caza y la pesca, desplazándose por los canales en canoas talladas en troncos; otra comunidad, los hambukushu, practica la agricultura a pequeña escala en algunas de las islas del delta.

Durante las últimas décadas, el delta y sus habitantes se han visto sometidos a fuertes presiones. Botsuana es un país seco, predominantemente desértico, y el Okavango constituye su principal reserva de agua superficial. En consecuencia, se han discutido diversos planes —aunque todavía no se ha puesto ninguno en práctica— para desviar sus aguas hacia las regiones del sur, donde existe una imperiosa necesidad de agua para la población humana y el ganado.

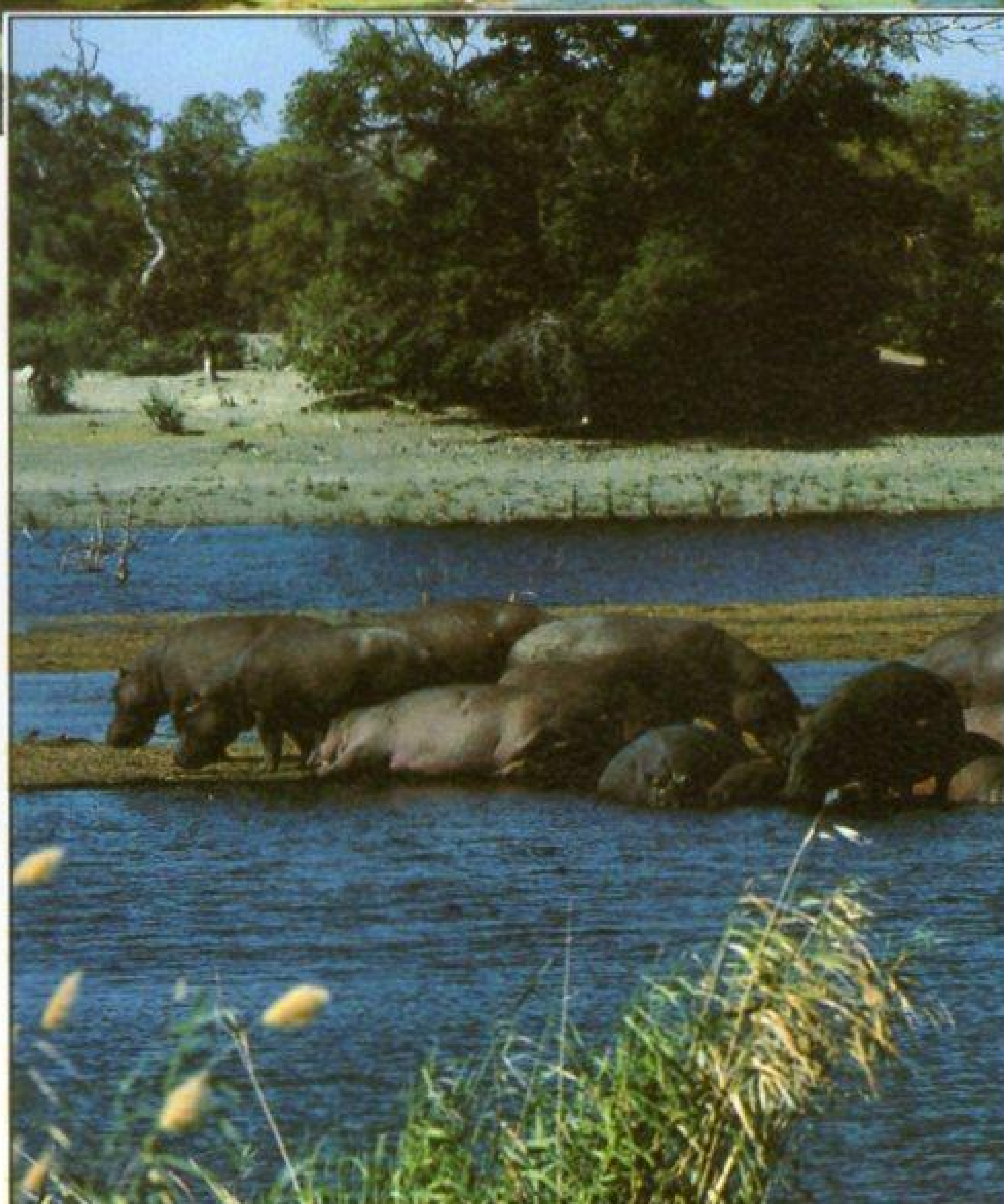
También la fauna y flora del delta se encuentran en peligro, aunque las causas han ido variando durante los últimos 30 años. Entre 1956 y 1968, por ejemplo, la caza comercial de cocodrilos acabó con más de 40.000 ejemplares, diezmando la población,



Durante las crecidas, en los canales del delta abunda el pescado, que las mujeres ba yei capturan con tradicionales cestos de caña.

Al terminar la estación seca, millares de búfalos —Synceros caffer— *migran hacia el delta, levantando a su paso una nube de polvo que se ve a kilómetros de distancia. Otras manadas permanecen en la zona todo el año.*

Numerosos rebaños de hipopótamos —Hippopotamus amphibius— *viven de manera permanente en las lagunas. Durante el día holgazanean en el agua sin apenas dejarse ver, aunque asoman de vez en cuando para tomar el sol. Por la noche, salen a tierra a comer, abriendo sendas en los cañaverales y contribuyendo así a mantener abiertos los canales de los pantanos.*





Los habitantes del delta son expertos constructores de canoas de troncos ahuecados —mokoros—, que utilizan para cazar y pescar. Estas tribus viven en armonía con el ecosistema de la zona, sin apenas perturbarlo.

aunque ésta, en verdad, ya está empezando a recuperarse.

La proliferación de asentamientos humanos en los márgenes occidentales del delta ha causado graves daños a la vida silvestre en general, y a los peces e hipopótamos en particular, pero el establecimiento de la Reserva Natural de Moremi en la zona este, con una extensión de 3.800 km^2, ha proporcionado un hábitat protegido para la fauna indígena.

Esta reserva, junto con el Parque Nacional de Chobe, que se encuentra a su lado, contiene algunas de las muestras más espectaculares de flora y fauna africanas que pueden encontrarse en nuestros días.

Sin embargo, la propia abundancia de vida silvestre tiene sus inconvenientes: desde los años sesenta, el delta del Okavango se ha convertido en una importante atracción turística.

Se han establecido numerosos campamentos en islas a las que sólo se puede llegar en lancha o en helicóptero, y la presencia de los visitantes —sobre todo si su número continúa en aumento— empieza a convertirse en una amenaza para la propia «naturaleza intacta» que vienen buscando.

Otra amenaza para la vida silvestre es la proliferación de ganado doméstico en el delta. En los años sesenta, la construcción de una barrera contra los búfalos, con el fin de impedir que éstos contagiaran la glosopeda al ganado, redundó en beneficio de las especies salvajes, al mantener al ganado fuera de los límites. Pero la sequía que afligió a Botsuana durante la década de los ochenta creó nuevas demandas y obligó a extender las tierras de pastos hacia el interior del delta. Esto sólo fue posible tras la casi completa erradicación de la mosca tsé tsé, que trasmitía la enfermedad del sueño al ganado.

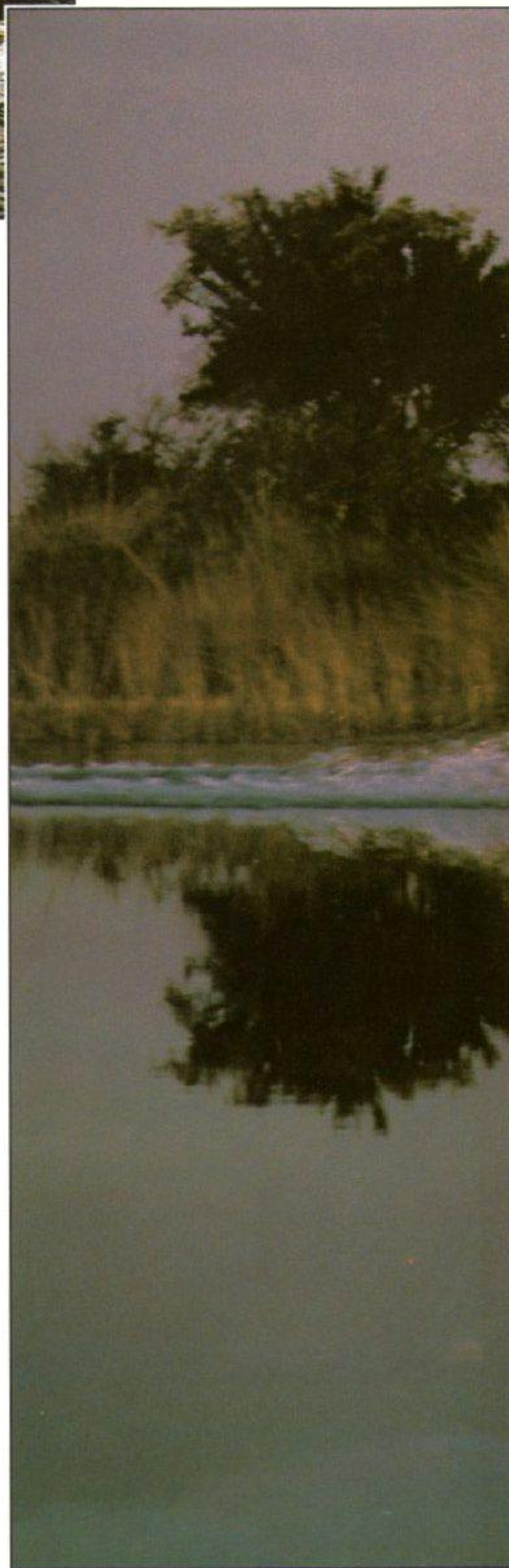
Es posible que el conflicto de intereses entre personas, ganado y vida silvestre se resuelva en parte gracias a la explotación del yacimiento de diamantes de Orapa, el segundo del mundo en importancia, que se encuentra no muy lejos del delta del Okavango.

La extracción de diamantes se ha convertido en la industria más próspera de Botsuana; el turismo, que por ahora ocupa el cuarto lugar, podría contribuir a reducir la dependencia de la población respecto al ganado, lo cual, a su vez, aliviaría la presión sobre el delta..., a menos que la necesidad de agua para las minas genere un peligro nuevo.

El delta del Okavango constituye un ecosistema dinámico con una red de interdependencias única en el mundo.

Pero sin una gestión inteligente, lo más probable es que esta extraña y magnífica región pantanosa, con su increíble variedad de formas de vida, se vaya ocupando poco a poco, con la inevitable destrucción de su carácter. El resultado será que el mundo habrá perdido uno de sus misterios naturales.

El esfuerzo realizado en Botsuana para intentar mantener el frágil equilibrio de necesidades enfrentadas es un simple ejemplo de los problemas que tienen que afrontar todos los países y todos los pueblos del planeta Tierra en el que, a no dudarlo, es el umbral del siglo XXI.



La promoción turística ha atraído a grandes cantidades de visitantes, cuya presencia —y la contaminación que ocasiona— puede acabar por destruir la misma belleza que los turistas van buscando; pero el dinero que aportan puede ser fundamental para la conservación de este hábitat natural.



Bibliografía

Esta lista incluye una selección de los libros consultados por los editores durante la preparación de este volumen, así como algunas sugerencias para lecturas complementarias.

Allen, O. E. *Planet Earth: Atmosphere*, Time-Life Books, Amsterdam, 1983.

Andersson, C. J. *Lake Ngami or Explorations and Discoveries During Four Years'Wanderings in the Wilds of South Western Africa*, Hurst and Blackett, Londres, 1856; reimpresión facsímil C. Struik, Ciudad de El Cabo, Sudáfrica, 1987.

Atkinson, B. W. y Gadd, A. *Weather: A Modern Guide to Forecasting*, Mitchell Beazley, Londres, 1986.

Baker, R. *Migration Paths Through Time and Space*, Hodder & Stoughton, Londres, 1982; *The Mystery of Migration* (Ed) Macdonald, Londres, 1980.

Banyard, P. J. y Black, D. *Wonders of the World*, Orbis Publishing, Londres, 1984.

Bárdárson, H. J. *Ice and Fire*, H. R. Bárdárson, Reykjavik, 1971.

Bare, R. M. *The Way to the Mountains of the Moon*, Arthur Barker, Londres, 1966; *The Wild Mammals of Uganda*, Longmans, Londres, 1962.

Bond, C. *Okavango: Africa's Last Eden*, Country Life Books/Hamlyn, Londres, 1978.

Botting, D. *Humboldt and the Cosmos*, Michael Joseph, Londres, 1973.

Boy, G. y Allan, I. *Snowcaps on the Equator*, The Bodley Head, Londres, 1989.

Boyle, S. y Ardill, J. *The Greenhouse Effect*, Hodder & Stoughton, Londres, 1989.

Branston, B. *The Last Great Journey on Earth*, Hodder & Stoughton, Londres, 1970.

Cloudsley-Thompson, J. *Animal Migration*, Orbis, Londres, 1978.

Cox, C. B. y Moore, Peter D. *Biogeography* (4.ª edición), Blackwell Scientific Publications, Oxford, Reino Unido, 1985.

Cox, B., Savage, R. J. G., Gardiner, B. y Dixon, D. *Macmillan Encyclopedia of Dinosaurs and Prehistoric Animals*, Macmillan Publishing, Nueva York y Londres, 1988.

Dudley, W. y Lee, M. *Tsunami!* University of Hawaii Press, Honolulú, Hawai, 1988.

Ehrlich, P. y A. *Extinction: The Causes and Consequences of the Disappearance of Species*, Random House, Nueva York, 1981.

Erikson, J. *Violent Storms*, Tab Books, Blue Ridge Summit, PA, USA, 1988.

Falck-Ytter, H. *The Aurora: The Northern Lights in Mythology, History and Science* (trad. ing. R. Alexander), Floris, Edimburgo, 1985.

Filippi, F. de. *Ruwenzori: An Account of the Expedition of HRH Prince Luigi Amadeo of Savoy, Duke of the Abruzzi*, Archibald Constable, Londres, 1908.

Fisher, R., Gray, W. R., McIntyre, L., O'Neill, T. y Ramsay, C. R. *Nature's World of Wonders* National Geographic Society, Washington, D. C., USA, 1983.

Gendron, V. *The Dragon Tree: A Life of Alexander, Baron von Humboldt*, Longmans, Green, Londres y Nueva York, 1961.

Graves, N., Lidstone, J. y Naish, M. *People and Environment: A World Perspective*, Heinemann Educational Books, Londres, 1987.

Grelier, J. *To the Source of the Orinoco*, Herbert Jenkins, Londres, 1957.

Gribbin, J. *The Hole in the Sky: Man's Threat to the Ozone Layer*, Corgi Books, Transworld Publishers, Londres, 1988; *This Shaking Earth*, Sidgwick & Jackson, Londres, 1978.

Gribbin, J. y Kelly, M. *Winds of Change: Living in the Global Greenhouse*, Hodder & Stoughton, Londres, 1989.

Gudmundsson, A. T. y Kjartansson, H. *Guide to the Geology of Iceland*, Bókaútgáfan Örn Og Örlygur HF, Reykjavik, Islandia, 1984.

Halstead, L. B. *Hunting the Past*, Hamish Hamilton, Londres, 1982.

Hanbury-Tenison, R. *The Rough and the Smooth: The Story of Two Journeys Across South America*, Robert Hale, Londres, 1969.

Hardy, R. Wright, P., Gribbin, J. y Kington, J. *The Weather Book*, M. Joseph, Londres, 1982.

Holford, I. *The Guiness Book of Weather Facts and Figures*, Guiness, Superlatives. Enfield, Middlesex, Reino Unido, 1982.

Jackson, D. D. *Planet Earth: Underground Worlds*, Time-Life Books, Amsterdam, 1982.

Jackson, M. H. y López, B. *Galapagos*, Rizzoli, Nueva York, 1989.

Jacobs, M. *The Tropical Rain Forest: A First Encounter* (trad ing. R. Kruk), Springer Verlag, Berlín, 1988.

Kellner, L. *Alexander von Humboldt*, Oxford University Press, Londres y Nueva York, 1963.

Lambert, D. y The Diagram Group *Teh Cambridge Guide to the Earth*, Cambridge University Press, Cambridge, Reino Unido, 1988.

Leakey, R. E. *Human Origins Hamish Hamilton*, Londres, 1982; *The Making of Mankind*, Michael Joseph, Londres, 1981.

Lewis, T. (ed) *Planet Earth: Volcano*, Time-Life Books, Amsterdam, 1982.

Lockhart, G. *The Weather Companion*, John Wiley & Sons, Nueva York, 1988.

Lutgens, F. K. y Tarbuck, E. J. *Essentials of Geology*, Charles E. Merril Publishing Company, Columbus, Ohio, 1986.

Main, M. *Kalahari: Life's Variety in Dune and Delta*, Southern Book Publishers, Ciudad de El Cabo, Sudáfrica, 1987.

May, J. *The Greenpeace Book of Antarctica*, Dorling Kindersley, Londres, 1988.

Michell, J. y Rickard, R. J. M. *Living Wonders: Mysteries and Curiosities of the Animal World*, Thames & Hudson, Londres, 1982.

Moore, P., Hunt, G., Nicolson, I., Cattermole, P. *The Atlas of the Solar System*, M. Beazley y la Royal Astronomical Society, Londres, 1983.

Moore, P. y Nicolson, I. *The Universe*, Collins, Londres, 1985.

Moorehead, A. *Darwin and the Beagle*, Hamish Hamilton, Londres, 1969.

Palmer, R. *Deep Into the Blue Holes: The Story of the Andros Project*, Unwin Hyman, Londres, 1989.

Potgieter, H. y Walker, C. *Above Africa: Aerial Photography from the Okavango Swamplands*, New Holland, Londres, 1989.

Prance, G. T. y Lovejoy, T. E. *Amazonia (Key Environments)*, Pergamon Press, Oxford, Reino Unido, 1985.

Richards, P. W. *The Tropical Rain Forest*, Cambridge University Press, Cambridge, Reino Unido, 1979.

Ross, K. *Okavango: Jewel of the Kalahari*, BBC Books, Londres, 1987.

Rowbotham, F. *The Severn Bore*, David & Charles, Newton Abbot, Devon, Reino Unido, 1970.

Rubeli, K. *Tropical Rain Forests in South-East Asia: A Pictorial Journey*, Tropical Press, Kuala Lumpur, Malasia, 1986.

Smith, P. J. *Encyclopedia of the Earth*, Hutchinson, Londres, 1986.

Synge, P. M. *Mountains of the Moon*, Lindsay Drummond, Londres, 1937.

Thesiger, W. *The Marsh Arabs*, Longmans Green, Londres, 1964.

Tilman, H. W. *Snow on the Equator*, G. Bell & Sons, Londres, 1937.

Thomas, D. S. G. y Shaw, P. *The Kalahari Environment*, Cambridge University Press, Cambridge, Reino Unido, 1990.

Verney, P. *The Earth Quake Handbook*, Paddington Press, Londres y Nueva York, 1930.

Walker, B. *Planet Earth: Earthquake*, Time-Life Books, Amsterdam, 1982.

Webster, D. *Understanding Geology*, Oliver & Boyd, Edimburgo, Escocia, 1987.

Whipple, A. B. C. *Planet Earth: Storm*, Time-Life Books, Amsterdam, 1982.

Whitfield, P. *The Atlas of the Living World*, Weidenfeld & Nicolson, Londres y Houghton Mifflin, Nueva York, 1989.

Whitmore, T. C. *Tropical Forests of the Far East* (3.ª edición), Clarendon Press, Oxford, Reino Unido, 1934.

Wood, M. *Different Drums: Reflections on a Changing Africa*, Century, Londres, 1987.

Wood, R. M. *Earthquakes and Volcanoes*, Mitchell Beazley, Londres, 1986.

Yeoman, G. *Africa's Mountains of the Moon*, Elm Tree Books, Londres, 1989.

Young, G. *Return to the Marshes: Life with the Marsh Arabs of Iraq*, Collins, Londres, 1977.

Índice

(Vols. I y II)

Nota: los números en **negrita** indican que se le dedica al tema una cierta extensión de texto. Los números en *cursiva* corresponden a ilustraciones o pies de ilustraciones.

c. = cita

Agradecimientos

DIBUJOS
Mapas de Technical Art Services
Dave Ashby 12-13, 20-1, 27, 33, 36-7, 62-3, 105, 135
Lynn Bowers, 151, 154-5, 176-7, 216
Malcolm Ellis 188 (color)
Vana Haggerty 181, 188 (blanco y negro)
Steve Holden 200-1
Steve Kirk 194-5
Paul Richardson 106-7, 111, 119
Ed Stuart 57, 74-5, 82-3, 86, 91, 126-7, 138, 144, 171, 229

FOTOGRAFÍAS

i izquierda *d* derecha *a* arriba *c* centro *ab* abajo

Sobrec. Zefa Picture Library
Fotog. cub. Tad Janocinski/The Image Bank
Contrac. *a* V. Englebert/Zefa Picture Library
i NASA/Frank Lane Picture Agency
d Orion Press/NHPA
ab Gordon Garradd/Science Photo Library
P. Vauthey/Sigma/The John Hillelson Agency 6-7
Dr Jean Lorre/Science Photo Lib 9
Zefa Picture Library 10-11
NASA/Science Photo Library 13
Tony Morrison/South American Pictures 14 a

Michael Holford	15 ab
NASA/Science Photo Library	16-17
Ann Ronan Picture Library	17 a
Vivien Fifield	ab
Martyn Chillmaid/Oxford Scient-tific Films	18
John Downer	18-19
The Mansell Collection	20
Michael Holford/Science Museum, Londres	22/y d
Zefa Picture Library	23 a
National Maritime Museum, Londres/Bridgeman Art Library	ab
Ned Haines/Science Photo Library	24
Jack Finch/Science Photo Library	24-5
University Library, Oslo	26 a
Baader Planetarium Archive	ab
Germanisches Museum, Nuremberg	28 a
Vivien Fifield	ab
Jack Finch/Science Photo Library	29
Messerschmit/Zefa Picture Library	30-1
Vivien Fifield	32
NASA/Science Photo Library	33
Zefa Picture Library	34-5
Link Observatory	36-7
F. W. Rowbotham	38
John Lythgoe/Planet Earth Pictures	40-1
Martin Dohrn/Science Photo Library	41
NASA/Science Photo Library	42
François Gohier/Ardea	42-3
NASA/Science Photo Library	44
Photri/Robert Harding Picture Library	44-5
NASA/Science Photo Library	45
Scala. Milán	46
Max-Planck-Institut/David Parker/Science Photo Library	47 i
Vivien Fifield	d
B. Crader/Zefa Picture Library	48
Zefa Picture Pibrary	48-9
Iain Roy	50 a
Robin Scagell/Science Photo Library	ab
Wardene Weisser/Ardea	51
David Wright/Oxford Scientific Films	53
Horst Munzig/Susan Griggs Agency	54-5
Martin Land/Science Photo Library	58
George Hall/Susan Griggs Agency	58-9
Larry Pierce/The Image Bank	60-1
Reflejo/Susan Griggs Agency	63
Profesor Stewart Lowther/Science Photo Library	64, 65 a
Alan Kearney/Tony Stone Associates	65 ab
Bridgeman Art Library	66-7
Michael Holford/British Museum	67 a
Bridgeman Art Library	ab
Martyn Chillmaid/Oxford Scientific Films	68, 68-9
Tony Stone Associates	70
Orion Press/NHPA	70-1
Robert Harding Picture Library	71
Joffet/Sipa Press/Rex Features	72-3
Popperfoto	75
Earthquake Research Institute, Universidad de Tokyo	76
Tony Stone Associates	77 a
Michael Holford/Robin Gwynn (BBC)	ab
Popperfoto	78
Robert Harding Picture Library	78-9
T. Campion/Sygma/The John Hillelson Agency	79
Michael Holford/Victoria and Albert Museum	80-1
The Mansell Collection	80-3
Dieter & Mary Plage/Bruce Coleman	83
John Lythgoe/Planet Earth Pictures	84-5
British Museum (Natural History)	87 a
Institute of Oceanographic Science/Oxford Scientific Films	ab
James M. King/Planet Earth Pictures	88
Hulton Deutsch Collection	88 a
Dick Clarke/Planet Earth Pictures	ab
Robert Hessler/Planet Earth Pictures	90-1 i y d
Peter Ryan/Science Photo Library	91
John Noble/Mountain Camera	92
Colin Monteath/Mountain Camera	92-3
Doug Allan/Science Photo Library	94
The Mansell Collection	96
Popperfoto	96-7
Doug Allan/Science Photo Library	98
Colin Monteath/Mountain Camera	98-9
Edwin Mickleburgh/Ardea	99
NASA/Science Photo Library	101
Stockmarket/Zefa Picture Library	102-3
NASA/Science Photo Library	104
The Mansell Collection	105
R. K. Pilsbury	106 i y d
John Cleare/Mountain Camera	107 ai
Jean Hosking/Frank Lane Picture Agency	ad
David W. Hamilton/The Image Bank	c
J. Pfaff/Zefa Picture Library	ab
Sygma/The John Hillelson Agency	108-9
NASA/Frank Lane Picture Library	110-11
Robert Harding Picture Library	111
British Museum	112-13
By Anthony Boccaccio © National Geographic Society	114
W Carlson/Frank Lane Picture Library	115 a
Derek Elsom	ab
Central African Museum, Tervuren/Werner Forman Archive	116
Gordon Garrad/Science Photo Library	116-17
Ann Ronan Picture Library	118 a y ab
Mary Evans Picture Library	119
Steve Krongard/The Image Bank	120
Robert Harding Picture Library	120-1
Walter Rawlings/Robert Harding Picture Library	122-3
John Tindale	123 a
Zefa Picture Library	ab
C. Carvalho/Frank Lane Picture Library	124-5
Tony Morrison/South American Pictures	126
Riobbu Newman/The Image Bank	127 a
Gamma/Frank Spooner Pictures	ab
V. Englebert/Zefa Picture Library	128-9
J. R. Bracegirdle/Planet Earth Pictures	130
V. Englebert/Zefa Picture Library	131
Michael K. Nichols/Magnum	132-3
Herve Collart/Gamma/Frank Spooner Pictures	134
Chris Newton/Frank Lane Pictures	134-5
Chip Hires/Gamma/Frank Spooner Pictures	136-7
J. G. Paren/Science Photo Library	138-9
NASA/Bruce Coleman	141
Lee Lyon/Bruce Coleman	142-3
V. Englebert/Susan Griggs Agency	144-5
Carl Purcell/Colorific!	145
Sean T. Avery/Planet Earth Pictures	146-7
Jonathan Scott/Planet Earth Pictures	147
Peter Scoones/Planet Earth Pictures	148-9
Hulton-Deutsch Collection	150
Peter Scoones/Planet Earth Pictures	150-1
John Cleare/Mountain Camera	152-3
	154 i
Biofotos	154 d
	155 a
Patti Murray/Oxford Scientific Films	155 ab
John Cleare/Mountain Camera	156-7
Aldus Archive	157 a
John Cleare/Mountain Camera	ab
Richard Packwood/Oxford Scientific Films	158-9
	159
Gerald Cubitt/Bruce Coleman	160-1
Peter Scoones/Planet Earth Pictures	162-3
Ken Lucas/Planet Earth Pictures	163 i
FAO	d
Douglas Botting	164-5, 167
Anthony Suau/Black Star/Colorific!	168-9
P. Turnley/Black Star/Colorific!	170, 171
Anthony Suau/Black Star/Colorific!	172-3
NASA/Science Photo Library	174-5
Gavin Newman	176, 177 a
Rob Palmer	177 ab
Jerry Wooldridge/Planet Earth Pictures	178-9
Steenmanns/Zefa Picture Library	180
Chris Howes	181, 182 a
Michael Holford	182 ab
Chris Howes	183
Peter Scoones/Planet Earth Pictures	184-5
Zefa Picture Library	186-7
Sinclair Stammers/Science Photo Library	189
Frank Schneidermeyer/Oxford Scientific Films	190
Helmlinger/Zefa Picture Library	190-1
Harry Taylor/Oxford Scientific Films	191
Colin Orthner/Tyrell Museum of Paleontology	192-3
Profesor Walter Álvarez/Oxford Scientific Films	196
Keith G. Cox/University of Oxford	196-7
Anthony Bannister/NHPA	198-9
John Reader/Science Photo Library	201
M. P. Price/Bruce Coleman	202
John Reader/Science Photo Library	203 a
R. I. M. Campbell/Bruce Coleman	ab
A. P. L./Zefa Picture Library	204-5
Popperfoto	206
Royal Geographical Society	206-7
Hulton-Deutsch Collection	207
Brian Cotes/Bruce Coleman	208
Robert Harding Picture Library	209
Michael Marten/Science Photo Library	210 a
Dr Jeremy Burgess/Science Photo Library	ab
Kim Taylor/Bruce Coleman	211 a
K. Wothe/Bruce Coleman	ab
David Doubilet	212-13
James Carmichael/NHPA	214-15
Peter David/Planet Earth Pictures	215
Hulton-Deutsch Collection	217 a
John Lythgoe/Planet Earth Pictures	ab
Tor Eigeland/Susan Griggs Agency	218-19
Wilfred Thesiger, *Visions of a Nomad*	220-1
Southwell/Robert Harding Picture Library	221
James D. Watt/Planet Earth Pictures	222-3
Soames Summerhays/Biofotos	224 a
Rod Salm/Planet Earth Pictures	ab
Soames Summerhays/Biofotos	225
J. R. Bracegirdle/Planet Earth Pictures	226-7
David S. G. Thomas	229
Partridge Films/Oxford Scientific Films	230-1
Tom Nebbia/Aspect Picture Library	231 a
Partridge Films/Oxford Scientific Films	ab
Lee Lyon/Bruce Coleman	232
Richard Coomber/Planet Earth Pictures	232-3

Los autores

Este libro tenía que haberlo escrito el Dr. EDWARD T. STRINGER (FRGS, FRMetS, FRC), que falleció cuando llevaba entregados tres capítulos. Los editores dan testimonio de su entusiasta contribución a la concepción de este libro, y están seguros de que se habría sentido satisfecho del trabajo de los que le sustituyeron.
Páginas 24-29; 152-159; 222-225

DAVID BURNIE estudió zoología y botánica en la universidad de Bristol. Tras licenciarse, trabajó durante algún tiempo en las Highlands de Escocia, como conservador de una reserva natural, para después trasladarse al sur a trabajar como biólogo. En 1979 comenzó a escribir y coordinar libros sobre ciencias naturales y tecnología. Ha colaborado en numerosas publicaciones y es autor de varios libros sobre temas que varían desde la observación de aves al funcionamiento de las máquinas.
Páginas 60-83; 92-99

El profesor BARRY COX, director asistente y profesor de ciencias biológicas en el King's College de la Universidad de Londres, estudió zoología en Oxford y se especializó en reptiles fósiles en Cambridge. Su interés por la biogeografía es consecuencia de sus expediciones a África y América del Sur en busca de reptiles fósiles. Es autor de un libro de texto, *Biogeography*, escrito en colaboración con el Dr. Peter Moore, que se ha convertido en una obra de referencia obligada en Gran Bretaña y las dos Américas. Su dedicación al estudio de la fauna prehistórica incluye una estancia en Stanford.
Páginas 54-59; 192-197

CAROLE C. DEVANEY estudió en el Trinity College de Dublín. Es experta en zoología marina y autora de libros sobre ciencias naturales. Aficionada a la fotografía, se especializa en temas arqueológicos y organismos submarinos.
Páginas 128-131; 164-167; 218-221

El Dr. DEREK ELSOM es profesor de geografía en la Politécnica de Oxford y director del centro de investigación de la TORRO (Tornado & Storm Research Organization) en Oxford. Es autor de más de 50 artículos sobre contaminación del aire y peligros meteorológicos como los tornados, las granizadas y los rayos, y su libro *Atmospheric Pollution* es un texto clásico para estudiantes de la contaminación. Además, ha escrito numerosos artículos para revistas como *New Scientist* y *Geographical Magazine.*
Páginas 102-127; 132-139

La Dra. LYNN FROSTICK es geóloga, especializada en sedimentología y en ambientes desérticos. Dedica gran parte de su tiempo a descifrar los secretos del pasado, registrados en las rocas, mediante analogías con los ambientes modernos. Ha participado en expediciones a África oriental y Oriente Medio, para estudiar los sedimentos de la Gran Fosa africana. Es profesora de geología en la Universidad de Reading.

El Dr. IAN REID es profesor de geografía en el Birkbeck College de la Universidad de Londres. Está especializado en hidrología, geomorfología y sedimentología, y le interesa de manera especial la deposición de sedimentos fluviales en las fosas tectónicas. Su trabajo le ha llevado, entre otros lugares, a África oriental, Egipto e Israel, donde ha colaborado con arqueólogos y paleoantropólogos en la investigación del misterio de nuestros orígenes.
Coautores de las páginas 142-151; 198-203

PETER L. SMART estudió en las universidades de Bristol, Inglaterra, y Alberta, Canadá; en la actualidad es profesor de geografía en Bristol. Su principal interés es la hidrología y geomorfología de las regiones calizas, y en especial de las cavernas. Actualmente trabaja en un importante proyecto de investigación de la hidrología y geoquímica de las aguas subterráneas de las Bahamas y datación de los niveles del mar en el pasado, que implica una intensa exploración de los «agujeros azules».
Páginas 174-183

El Dr. DAVID S. G. THOMAS estudió en Oxford, y desde 1984 es profesor de geografía en la Universidad de Sheffield. Está especializado en ambientes áridos, y ha realizado investigaciones en los desiertos de Norteamérica, Oriente Medio y África, en especial en el de Kalahari. Es autor de más de 30 trabajos científicos y dos libros, entre ellos *The Kalahari Environment*, escrito en colaboración con Paul A. Shaw.
Páginas 226-233

El Dr. PHILIP WHITFIELD es profesor de parasitología en el King's College de la Universidad de Londres, y además da conferencias sobre numerosos aspectos de las ciencias biológicas. Es autor de numerosos libros sobre temas ambientales, entre ellos *Jungles, The Hunters, The Animal Family, Rhythms of Life (Los ritmos de la vida,* coasesor Edward S. Ayensu, tr. esp. María Jesús Hernández y Ana García Lucero, Editorial Debate, Madrid, 1984), *The Longman Illustrated Animal Encyclopedia* y *The Atlas of the Living World.* En 1990 recibió el premio Christopher al mejor libro juvenil por *Can the Whales be Saved?* Como investigador, los temas que más le interesan son el control de las enfermedades parasitarias humanas en países subdesarrollados y el análisis de la ecología y reproducción de los parásitos.
Páginas 6-23; 30-53; 100-101; 140-141; 160-163; 168-173; 184-191; 204-217